МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Довгань Павло Олегович

УДК: 621.311.1:620.925:338.33«364»(043.3)

ДИСЕРТАЦІЯ

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД НА ОСНОВІ РОЗВИТКУ МАЛОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ БІОПАЛИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ТА ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

051 Економіка

05 Соціальні та поведінкові науки

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.
_____ П.О. Довгань

Науковий керівник:
Лутковська Світлана Михайлівна,
доктор економічних наук,
професор

Вінниця – 2026

АНОТАЦІЯ

Довгань П.О. Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 051 Економіка. – Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, 2026.

Дисертаційна робота представляє собою фундаментальне наукове дослідження, спрямоване на розв'язання стратегічно важливого завдання — формування дієвого економічного механізму диверсифікації енергозабезпечення територіальних громад (ТГ) України. В умовах системної дестабілізації національної енергосистеми, спричиненої повномасштабною збройною агресією, руйнуванням об'єктів магістральної генерації та критичною вразливістю ліній електропередач, традиційна енергетична парадигма, що базується на жорсткій централізації, вичерпала свій ресурс надійності. Це зумовило об'єктивну необхідність наукового пошуку нових інструментів фінансово-енергетичної стійкості територій через перехід до децентралізованої моделі «енергетичних островів», що здатні функціонувати в режимі автономного самозабезпечення на основі використання ендогенного потенціалу аграрної біомаси.

У роботі ґрунтовно досліджено теоретичні засади функціонування енергетичного сектору в структурі національної економіки, де енергозабезпечення розглядається не лише як технічний процес, а як базисна економічна категорія, що визначає інституційну стабільність громади. Автор доводить, що «енергетична незалежність територіальної громади» є ключовим фактором її конкурентоспроможності, оскільки дозволяє локалізувати додану вартість від переробки місцевих ресурсів та мінімізувати трансакційні витрати на купівлю імпортованих енергоносіїв. Здійснено ревізію існуючих підходів до визначення енергетичної стійкості та запропоновано розглядати її через призму адаптивності локальної системи до екстремальних зовнішніх збоїв.

Особливу увагу приділено критичному аналізу світового досвіду децентралізації енергетики. Досліджено еволюцію «енергетичного переходу» в країнах ЄС, де муніципальна біогенерація стала інструментом соціально-економічного відродження сільських територій. Вивчено механізми функціонування енергетичних кооперативів у Німеччині, кластерні моделі біоенергетики в Австрії та систему стимулювання ВДЕ у Польщі. На основі цього виокремлено можливості адаптації європейських практик в Україні, зокрема через імплементацію стандартів European Green Deal та принципів декарбонізації. Доведено, що мала біопаливна генерація є найбільш релевантною для українських територіальних громад, оскільки вона дозволяє одночасно вирішувати питання утилізації аграрних відходів, зниження викидів CO2 та зміцнення фінансової автономії місцевих бюджетів.

Науково-методичний апарат дослідження вдосконалено шляхом імплементації показника вартості очікуваної недовідпущеної енергії (Value of Lost Load – VoLL). Це є принципово новим підходом для вітчизняної економічної науки в контексті регіонального розвитку. Автор аргументує, що при розрахунку окупності та ефективності біоенергетичних установок у воєнний період традиційні критерії (NPV, IRR, DPB) є недостатніми, оскільки вони не враховують вартість «безпекового активу». Запропоновано авторську методику оцінки економічного ефекту від уникнених збитків, які виникають у разі блекаутів: від псування зерна на елеваторах та продукції у холодильниках до розморожування систем централізованого опалення та зупинки водоканалів. Такий підхід дозволяє капіталізувати енергонезалежність, перетворюючи її з витратної частини бюджету на стратегічну інвестицію з високим рівнем захищеності активів.

У роботі здійснено багатокритеріальний аналіз ресурсного потенціалу біопалив в Україні. Встановлено, що сукупний річний потенціал виробництва енергії з біомаси сягає 29,64 млн т н.е. Детально досліджено структуру цього потенціалу, де домінуючу роль відіграють сільськогосподарські відходи (солома, стебла кукурудзи та соняшнику, гній тварин). На основі розробленої методики проведено регіональне ранжування територій України за ступенем готовності до

енергетичного переходу. Ідентифіковано Вінницьку область як абсолютного лідера за обсягами біогазової сировини (110,25 тис. т н.е. щорічно), що зумовлено потужним розвитком птахівництва та свинарства в регіоні. Обґрунтовано, що створення біоенергетичних потужностей саме в аграрних кластерах дозволяє досягти максимального синергетичного ефекту за рахунок короткого логістичного плеча та замкненого циклу обігу речовин.

Центральне місце в дисертації посідає розробка та практична апробація моделі «енергетичного острова» на базі Чернятинського фахового коледжу ВНАУ. Автор пропонує трансформацію навчально-наукового закладу у формат інтегрованого енергетичного кластеру. Проведено детальний аудит енергоспоживання об’єктів коледжу: адміністративних будівель, навчальних корпусів, гуртожитків та господарських споруд. У роботі доведено, що залучення в енергообіг 738,8 т соломи, що утворюється на власних полях коледжу, через встановлення твердопаливного котельного комплексу потужністю 500–800 кВт дозволяє повністю замістити 36 тис. м³ природного газу. При поточних ринкових цінах на газ це забезпечує пряму економію 494,5 тис. грн на рік.

Паралельно з тепловим сектором, обґрунтовано впровадження малої біогазової установки та когенераційної системи (КГУ). На основі реального поголів’я та обсягів накопичення гною (106 т на рік), потенціал генерації біогазу оцінено у 5,8 тис. м³. Незважаючи на порівняно невеликі фізичні обсяги порівняно з промисловими станціями, роль цієї установки визначена як стратегічно критична. Вона виконує функцію «гаранта живучості» системи, забезпечуючи автономне живлення серверів, вузлів зв’язку та систем автоматизації під час тривалих відключень основної мережі. Розрахунками підтверджено, що досягнення коефіцієнта енергетичної стійкості (I_{sred}) на рівні 0,45–0,55 є точкою економічного оптимуму. Перевищення цього рівня веде до невиправданого зростання капітальних витрат на зберігання енергії, тоді як нижчий рівень не гарантує безпеки під час блекаутів.

Фінансово-економічне моделювання проєкту продемонструвало зниження річних операційних витрат (OPEX) коледжу з 3,71 млн грн до 3,15 млн грн.

Отриманий річний економічний ефект у сумі 564 934 грн формує стабільний фінансовий потік для обслуговування інвестицій. Капітальні інвестиції (CAPEX) у розбудову енергоострова оцінюються у межах 6,1–7,9 млн грн. Доведено, що термін окупності проєкту суттєво скорочується при включенні у розрахунок вартості VoLL та доходів від реалізації циркулярної моделі виробництва.

Важливою науковою складовою є обґрунтування циркулярного ефекту від використання побічних продуктів біогенерації. Доведено, що дигестат, який залишається після виробництва біогазу, є високоякісним органічним добривом. Його застосування на власних угіддях коледжу площею 449,2 га дозволяє замістити до 30% дорогих мінеральних добрив. Це не лише підвищує рентабельність рослинництва, а й покращує структуру ґрунтів та зменшує вуглецевий слід продукції. Таким чином, біоенергетичний кластер перетворюється з суто енергетичного об’єкта на інструмент екологізації аграрного виробництва, що відповідає вимогам інтеграції українського АПК до ринку ЄС.

У дисертації також приділено увагу інституційним аспектам впровадження біогенерації. Сформовано пропозиції щодо вдосконалення механізмів фінансування таких проєктів через поєднання коштів територіальних громад, державних програм відновлення та міжнародних екологічних грантів. Обґрунтовано необхідність створення «енергетичних паспортів» громад, які б містили детальну карту місцевих ресурсів біомаси та плани переходу на автономне живлення критичних об’єктів.

У загальних висновках роботи підкреслено, що післявоєнне відновлення України не повинно бути простим відтворенням застарілої радянської централізованої моделі. Нова архітектура енергосистеми держави має базуватися на принципі «мережі островів», де кожна територіальна громада володіє власними маневреними потужностями. Це забезпечує небачену раніше живучість енергосистеми: навіть при пошкодженні магістральних ліній, окремі громади (енергетичні острови) зможуть підтримувати життєдіяльність лікарень, шкіл та соціальних центрів.

Масштабування досвіду біоенергетичного кластера Чернятинського

фахового коледжу ВНАУ на рівень територіальних громад України дозволить конвертувати аграрний потенціал держави в інструмент реальної енергетичної суб'єктності. Результати дослідження мають безпосереднє значення для розробки стратегій сталого розвитку громад, програм енергоефективності регіонів та планів модернізації аграрної освіти та науки. Впровадження запропонованих моделей забезпечить не лише економію бюджетних коштів, а й сформує фундамент для енергетичного суверенітету України на рівні кожної окремої громади.

Ключові слова: територіальні громади, енергетична безпека, біопаливна генерація, диверсифікація джерел енергозабезпечення, економічна ефективність, енергетичний острів, біоенергетичний кластер, сталий розвиток, сільські території, воєнний стан, післявоєнне відновлення, циркулярна економіка, відновлювані джерела енергії, інвестиційна привабливість, децентралізація енергосистеми.

SUMMARY

Dovhan P.O. Economic Efficiency of Energy Supply Source Diversification for Territorial Communities Based on the Development of Small and Medium-Scale Biofuel Generation under Martial Law and Post-War Recovery. – Qualification scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 051 Economics. – Vinnytsia National Agrarian University, Vinnytsia, 2026.

The dissertation is a fundamental scientific research aimed at solving a strategically important task - the formation of an effective economic mechanism for diversifying the energy supply of territorial communities (TCs) of Ukraine. In the conditions of systemic destabilization of the national energy system caused by full-scale armed aggression, the destruction of main generation facilities and the critical vulnerability of power transmission lines, the traditional energy paradigm, based on rigid centralization, has exhausted its reliability resource. This has led to the objective need for a scientific search for new instruments for the financial and energy sustainability of territories through the transition to a decentralized model of "energy islands" that are capable of functioning in an autonomous self-sufficiency mode based on the use of the endogenous potential of agricultural biomass. The paper thoroughly investigates the theoretical foundations of the functioning of the energy sector in the structure of the national economy, where energy supply is considered not only as a technical process, but as a basic economic category that determines the institutional stability of the community. The author proves that the "energy independence of a territorial community" is a key factor in its competitiveness, as it allows localizing the added value from the processing of local resources and minimizing transaction costs for the purchase of imported energy carriers. The existing approaches to determining energy sustainability are revised and it is proposed to consider it through the prism of the adaptability of the local system to extreme external disruptions. Particular attention is paid to a critical analysis of the world experience of energy decentralization. The evolution of the "energy transition" in EU countries is studied, where municipal biogeneration has become a tool for the socio-economic revival of rural areas. The mechanisms of functioning of energy cooperatives in Germany, cluster models of bioenergy in Austria and the system of incentives for renewable energy in Poland were

studied. On this basis, the possibilities of adapting European practices in Ukraine were identified, in particular through the implementation of European Green Deal standards and decarbonization principles. It was proved that small biofuel generation is the most relevant for Ukrainian territorial communities, since it allows simultaneously solving the issues of agricultural waste utilization, reducing CO2 emissions and strengthening the financial autonomy of local budgets.

The scientific and methodological apparatus of the study was improved by implementing the indicator of the cost of expected unsold energy (Value of Lost Load – VoLL). This is a fundamentally new approach for domestic economic science in the context of regional development. The author argues that when calculating the payback and efficiency of bioenergy installations during the war period, traditional criteria (NPV, IRR, DPB) are insufficient, since they do not take into account the value of the "security asset". The author's methodology for assessing the economic effect of avoided losses that occur in the event of blackouts is proposed: from spoilage of grain at elevators and products in refrigerators to defrosting of central heating systems and shutdown of water utilities. The paper carries out a multi-criteria analysis of the resource potential of biofuels in Ukraine. It is established that the total annual potential for energy production from biomass reaches 29.64 million tons of equivalent. The structure of this potential is studied in detail, where agricultural waste (straw, corn and sunflower stalks, animal manure) plays a dominant role. Based on the developed methodology, a regional ranking of the territories of Ukraine by the degree of readiness for the energy transition was carried out. Vinnytsia region is identified as the absolute leader in terms of biogas raw materials (110.25 thousand tons of CO per year), which is due to the strong development of poultry and pig farming in the region. It is substantiated that the creation of bioenergy capacities in agricultural clusters allows to achieve the maximum synergistic effect due to the short logistics arm and the closed cycle of substance circulation.

The central place in the dissertation is occupied by the development and practical testing of the "energy island" model based on the Chernyatynskyi Vocational College of the Ukrainian National Academy of Sciences. The author proposes the transformation of the educational and scientific institution into the format of an integrated energy cluster.

A detailed audit of the energy consumption of the college facilities was conducted: administrative buildings, educational buildings, dormitories and utility buildings. The work proves that the involvement of 738.8 tons of straw, which is formed on the college's own fields, into the energy cycle through the installation of a solid fuel boiler complex with a capacity of 500–800 kW allows to completely replace 36 thousand m³ of natural gas.

In parallel with the heat sector, the implementation of a small biogas plant and a cogeneration system is justifiedwe. Based on the actual livestock and manure accumulation volumes (106 tons per year), the biogas generation potential is estimated at 5.8 thousand m³. Despite the relatively small physical volumes compared to industrial plants, the role of this installation is defined as strategically critical. It performs the function of a “guarantor of survivability” of the system, providing autonomous power supply to servers, communication nodes and automation systems during long outages of the main network. Calculations have confirmed that achieving an energy stability coefficient (Isred) at the level of 0.45–0.55 is the point of economic optimum. Exceeding this level leads to an unjustified increase in capital costs for energy storage, while a lower level does not guarantee safety during blackouts.

Financial and economic modeling of the project demonstrated a decrease in the annual operating costs (OPEX) of the college from 3.71 million UAH to 3.15 million UAH. The obtained annual economic effect in the amount of 564,934 UAH forms a stable financial flow for servicing investments. Capital investments (CAPEX) in the development of the energy island are estimated at 6.1–7.9 million UAH. It has been proven that the payback period of the project is significantly reduced when including the VoLL cost and income from the implementation of the circular production model in the calculation. An important scientific component is the justification of the circular effect from the use of biogeneration by-products. It has been proven that the digestate remaining after biogas production is a high-quality organic fertilizer. Its use on the college's own land with an area of 449.2 hectares allows replacing up to 30% of expensive mineral fertilizers. This not only increases the profitability of crop production, but also improves soil structure and reduces the carbon footprint of products. Thus, the bioenergy cluster is

transformed from a purely energy facility into a tool for the greening of agricultural production, which meets the requirements of the integration of the Ukrainian agro-industrial complex into the EU market.

The dissertation also pays attention to the institutional aspects of the implementation of biogeneration. Proposals are made to improve the mechanisms for financing such projects through a combination of funds from territorial communities, state recovery programs and international environmental grants. The need to create “energy passports” of communities is substantiated, which would contain a detailed map of local biomass resources and plans for the transition to autonomous power supply of critical facilities. The general conclusions of the work emphasize that the post-war recovery of Ukraine should not be a simple reproduction of the outdated Soviet centralized model. The new architecture of the state’s energy system should be based on the principle of a “network of islands”, where each territorial community has its own maneuverable capacities. This ensures unprecedented survivability of the energy system: even if the main lines are damaged, individual communities (energy islands) will be able to support the vital activity of hospitals, schools and social centers.

Scaling the experience of the bioenergy cluster of the Chernyatynskyi Vocational College of the National Academy of Sciences of Ukraine to the level of territorial communities of Ukraine will allow converting the agrarian potential of the state into an instrument of real energy subjectivity. The results of the study are of direct importance for the development of strategies for sustainable development of communities, energy efficiency programs of regions and plans for the modernization of agricultural education and science. The implementation of the proposed models will not only ensure budget savings, but also form the foundation for the energy sovereignty of Ukraine at the level of each individual community.

Keywords: territorial communities, energy security, biofuel generation, diversification of energy supply sources, economic efficiency, energy island, bioenergy cluster, sustainable development, rural areas, martial law, post-war recovery, circular economy, renewable energy sources, investment attractiveness, decentralization of the energy system.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Довгань П.О. Основи класифікації необоротних активів та підходи до їх удосконалення. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 73-81. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.73 *(0,6 друк арк.).*

2. Лутковська С.М., Довгань П.О. Концептуальні засади інвестування у децентралізоване виробництво біопалив під час воєнного стану. *Економіка та суспільство.* 2025. Випуск 81. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/7137/7088 DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-121 *(0,74 друк арк. – особистий внесок – систематизовано концепцію децентралізованого інвестування у виробництво біопалив – 0,37 друк. арк.).*

3. Лутковська С.М., Довгань П.О. Сутність та роль децентралізації енерговиробництва у забезпеченні економічної та енергетичної безпеки територіальних громад. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2025. Випуск 6 (21). С. 145-150. DOI: https://doi.org/10.32782/dees.21-21 *(0,66 друк арк. – особистий внесок – визначені пріоритетні напрями вдосконалення державної політики щодо стимулювання децентралізації енерговиробництва в Україні – 0,33 друк. арк.).*

4. Мазур О.В., Довгань П.О., Довгополий В.С. Вплив передпосівної обробки насіння та удобрення на тривалість вегетаційного періоду та висоту рослин сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво.* 2025. № 3 (38). С. 209-218. DOI: https://doi.org/ 10.37128/2707-5826-2025-3-17 *(0,45 друк арк. – особистий внесок – обґрунтування доцільності використання передпосівного обробітку в контексті ресурсозбереження та екологізації вирощування окремих сортів сої – 0,15 друк. арк.).*

5. Мазур О.В., Довгань П.О., Сорока С.Ю. *У*рожайність гібридів кукурудзи залежно від застосування гербіцидів та густоти рослин. *Сільське господарство та лісівництво.* 2025. № 4 (39). С. 126-135. DOI:

https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-11 *(0,51 друк арк. – особистий внесок – інтерпретація економічної доцільності використання комбінованих систем захисту в умовах Лісостепу – 0,17 друк. арк.).*

6. Лутковська С.М., Довгань П. О. Методичні підходи до оцінки економічної ефективності диверсифікації джерел енергії в умовах високої невизначеності та воєнних ризиків. *Сталий розвиток економіки.* 2026. № 1 (58). С. 19-24. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-3 *(0,56 друк арк. – особистий внесок – розроблена методика оцінки інтегрального показника стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації – 0,28 друк. арк.).*

Матеріали наукових конференцій:

1. Довгань П.О. Перспективи та потенціал створення біоенергетичних кластерів на базі переробних підприємств АПК України. International Scientific and Practical Conference “Science, Education, and Society in the Context of Globalization: New Development Paradigms and Interdisciplinary Solutions”: Conference Proceedings (Boston, USA, December 19, 2025). Boston, USA: Golden Quill Publishing, 2025. P. 66-69. URL: https://www.economics.in.ua/2025/12/19.html *(0,2 друк. арк.).*

2. Довгань П. О. Тенденції та бар’єри розвитку малих біопаливних об’єктів у поточному інвестиційному кліматі України. Актуальні проблеми економіки, обліку, управління і права в сучасних умовах: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 8 січня 2026 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2026. С. 17-20. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-08.01.2026.003 *(0,23 друк. арк.).*

3. Довгань П. О. Системна модель локального енергетичного кластеру громади. Перспективи розвитку науки, освіти і суспільства в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 12 січня 2026 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2026. С. 49-51. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-12.01.2026.005 *(0,25 друк. арк.).*

ЗМІСТ

ВСТУП 14
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ДОМІНАНТИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД 22
1.1. Концепція диверсифікації енергоресурсів як інструмент зміцнення економічної стійкості локальних систем. 22
1.2. Мала та середня біопаливна генерація: економічна сутність, класифікація та роль у децентралізації енергетики. 32
1.3. Методичний інструментарій оцінки економічної ефективності виробництва альтернативних джерел енергії в умовах воєнних загроз. 43
Висновки до розділу 1 53
Список використаних джерел до розділу 1 55
РОЗДІЛ 2. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ТА ВИКЛИКІВ РОЗВИТКУ БІОПАЛИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ 65
2.1. Оцінка вразливості централізованих енергосистем та економічні наслідки дефіциту енергоресурсів для місцевого розвитку. 65
2.2. Аналіз ресурсного забезпечення та логістичних ланцюгів виробництва біопалив (твердих, рідких, газоподібних) на регіональному рівні. 81
2.3. Дослідження інвестиційної привабливості та бар’єрів впровадження об'єктів малої та середньої генерації. 103
Висновки до розділу 2 120
Список використаних джерел до розділу 2 122
РОЗДІЛ 3. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИВЕРСИФІКОВАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТГ 127
3.1. Економіко-математичне моделювання оптимальної структури енергетичного балансу громади з урахуванням біопаливних потужностей. 127
3.2. Оцінка ефективності інвестиційних проєктів малої генерації через призму «вартості енергетичної незалежності» та уникнення економічних збитків. 138
3.3. Формування механізмів фінансово-економічного стимулювання диверсифікації енергозабезпечення ТГ у перехідний період. 156
Висновки до розділу 3 168
Список використаних джерел до розділу 3 170
ВИСНОВКИ 175
ДОДАТКИ 178

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогодні, в умовах воєнного стану та масштабних руйнувань енергетичної інфраструктури, диверсифікація джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації є одним із пріоритетних напрямів зміцнення національної безпеки. В Україні стрімко актуалізується потреба у впровадженні децентралізованих енергетичних рішень, що базуються на використанні місцевої агробіомаси, проте розробка комплексних методичних підходів до оцінки економічної ефективності таких проєктів, особливо в контексті післявоєнного відновлення, нині є одним із першочергових завдань для забезпечення енергетичної автономності регіонів.

Питанням розвитку відновлюваних джерел енергії, біоенергетичного потенціалу аграрного сектору та енергетичної незалежності присвячені наукові праці Г.М. Калетніка, С.М. Лутковської, В.М. Бондаренка, М.І. Яремової, І.Д. Білокінної, Т.В. Коломієць, а також О. Кучера, І. Гончарук, Д. Токарчук, С. Березюка, Н. Пришляк та інших.

Проте розробка конкретних заходів та економіко-математичних моделей, орієнтованих на підвищення ефективності функціонування об’єктів малої біопаливної генерації як інструменту подолання інфраструктурних шоків та забезпечення сталого розвитку територіальних громад в умовах військового стану, є надзвичайно необхідною. Відсутність чітко обґрунтованих механізмів диверсифікації енергопостачання на локальному рівні зумовлює актуальність даного дослідження.

Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до плану наукових досліджень Вінницького національного аграрного університету і є складовою частиною науково-дослідної теми: «Обґрунтування та розробка адаптивних технологій вирощування зернових, зернобобових та біоенергетичних культур в умовах змін Лісостепу правобережного». Номер державної реєстрації 0123U104941. Термін виконання:

2024-2028 рр., де автором обґрунтовано необхідність впровадження адаптивних технологій вирощування сої та кукурудзи у поєднанні з розвитком малої біопаливної генерації, що частково забезпечує перехід громад до моделі циркулярної економіки та «енергетичних островів» з рівнем автономності 40–50%, що дозволяє мінімізувати сукупні витрати на енергобезпеку та нівелювати економічні збитки від інфраструктурних шоків.

Мета і завдання дослідження.

Метою дослідження є обґрунтування теоретико-методологічних засад та розроблення практичних рекомендацій щодо підвищення економічної ефективності диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад за рахунок розвитку малої та середньої біопаливної генерації як ключового інструменту забезпечення енергетичної стійкості в умовах воєнного стану та створення передумов для сталого післявоєнного відновлення.

Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені такі завдання:

- теоретично обґрунтувати та систематизувати концептуальні засади диверсифікації енергоресурсів як стратегічного інструменту зміцнення економічної стійкості територіальних громад в умовах воєнного стану;
- розкрити економічну сутність малої та середньої біопаливної генерації, здійснити її багатофакторну класифікацію за техніко-економічними параметрами та обґрунтувати її стратегічну роль у забезпеченні енергетичної автономності територіальних громад в умовах децентралізації енергосистеми;
- проаналізувати існуючий науково-методичний інструментарій оцінки ефективності проєктів відновлюваної енергетики та обґрунтувати його невідповідність для умов воєнного стану;
- систематизувати фактори вразливості централізованої моделі енергозабезпечення, визначивши їхній прямий вплив на економічну стійкість та життєдіяльність територіальних громад;
- провести комплексний аналіз територіального розподілу ресурсного потенціалу біомаси та систематизувати існуючі логістичні моделі її переміщення з метою виявлення розривів між наявністю енергетичної сировини та ефективністю

її використання в територіальних громадах;

- провести комплексне дослідження інвестиційної привабливості об’єктів малої та середньої біоенергетичної генерації, ідентифікувати ключові бар’єри їх впровадження та проаналізувати вплив нових економічних стимулів (CBAM, страхування воєнних ризиків, цифровізація) на життєздатність проєктів у розрізі регіональних кластерів;

- здійснити декомпозицію витрат на створення «енергетичного острова» для типових громад Вінницької області (Іллінецької, Тростянецької, Северинівської) з урахуванням специфіки їхньої сировинної бази;

- розробити прикладний алгоритм оцінки інвестиційної привабливості об’єктів розподіленої генерації для освітньо-аграрних установ, що інтегрує показник монетизованих уникнених збитків (VoLL) у структуру капітальних витрат для визначення реального терміну окупності системи в умовах високих інфраструктурних ризиків;

- обґрунтувати формування механізмів фінансового стимулювання диверсифікації енергозабезпечення територіальних громад (ТГ), що базуються на переході від моделі споживача до моделі активного енергопродюсера.

Об’єктом дослідження є процеси забезпечення економічної ефективності функціонування енергетичної інфраструктури територіальних громад шляхом диверсифікації джерел енергозабезпечення на основі використання відновлюваних ресурсів в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення.

Предметом дослідження є сукупність теоретичних засад, методичних підходів та практичних інструментів щодо обґрунтування економічної доцільності та механізмів впровадження малої та середньої біопаливної генерації як чинника зміцнення енергетичної незалежності та стійкості територіальних громад.

Методи дослідження

У дисертаційній роботі застосовано загальнонаукові та спеціальні методи наукового пізнання, а саме:

- системний аналіз та синтез – використано для уточнення сутності децентралізації енерговиробництва як багатогранного процесу, що охоплює

юридичні, інституційні, технічні та безпекові аспекти;

- метод теоретичного узагальнення та порівняння – застосовано при проведенні компаративного аналізу дефініцій поняття «енергетична стійкість» у вітчизняній та міжнародній практиці для формування авторського бачення;
- статистико-економічний аналіз – використано для оцінки стану енергетичного сектору України, аналізу динаміки втрат у мережах та дослідження регіонального розподілу сировинного потенціалу біомаси;
- економіко-математичне моделювання – застосовано для розроблення алгоритму оцінки інвестиційної привабливості об’єктів малої генерації, що базується на розрахунку інтегрального показника стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації (I_{SRED});
- SWOT-аналіз – використано для ідентифікації сильних і слабких сторін, можливостей та загроз при впровадженні моделі просьюмеризму та створенні енергетичних кластерів на рівні громад;
- графічний метод – застосовано для візуалізації результатів дослідження, зокрема структури логістичних ланцюгів та динаміки енергоспоживання об’єктів;
- абстрактно-логічний метод – використано для формування теоретичних висновків та розроблення пропозицій щодо вдосконалення механізмів фінансово-економічного стимулювання енергетичної диверсифікації.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці комплексного підходу до стимулювання біоенергетики та диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад, адаптованого до умов воєнного стану.

Найбільш суттєві наукові результати дисертаційної роботи, що містять наукову новизну і характеризують особистий внесок автора, наступні:

вперше:

- обґрунтовано концепцію «вартості енергетичної незалежності» для суб’єктів освітньо-аграрної сфери, яка, на відміну від класичних інвестиційних показників (NPV, IRR), базується на інтегральному зіставленні капітальних витрат із монетизованим ефектом уникнення економічних збитків (VoLL — Value of Lost

Load) від деструкції централізованих мереж (3.2);

удосконалено:

- методичний підхід до оцінки економічної ефективності альтернативних джерел енергії, який, на відміну від традиційних підходів (NPV, LCOE), доповнено специфічними метриками воєнного часу, що полягає у введенні «воєнної премії» до ставки дисконтування та врахуванні ефекту «вартості виживання» (VoLL – Value of Lost Load), що дозволяє оцінити збитки, яких вдалося уникнути завдяки наявності автономного живлення (1.3);
- удосконалено систематизацію факторів вразливості централізованої моделі енергозабезпечення, яка, на відміну від суто технічних підходів, базується на виявленні прямої залежності між деградацією магістральної інфраструктури та показниками життєдіяльності територій (2.1);
- підхід до оцінки стану регіональної біоенергетики, що, на відміну від суто ресурсних описів, дозволив встановити критичну залежність між видом біопалив та специфікою їх логістичної архітектури, ідентифікувати «логістичні пастки», пов’язані з просторовою невідповідністю джерел сировини та енергоустановок, а також довести стратегічну значущість територіальної децентралізації та скорочення транспортування сировини для забезпечення стійкості енергосистеми громад в умовах воєнного стану (2.2);
- механізм фінансово-економічного стимулювання енергетичної диверсифікації ТГ, який, на відміну від існуючих, базується на двофазній моделі «реактивного та проактивного управління», що дозволяє диференціювати інструменти підтримки (від страхування воєнних ризиків до системи Net Billing) залежно від безпекової ситуації та етапу відновлення економіки (3.3).

набули подальшого розвитку:

- концепція диверсифікації енергоресурсів територіальних громад, яка, на відміну від існуючих, розглядається не лише як технічний процес заміщення палива, а як стратегічна парадигма управління економічною стійкістю. Це дозволило трактувати енергетичну систему як «стійку мережу», що забезпечує перехід від ієрархічної моделі до архітектури «енергетичних островів», адаптованої

до умов воєнного стану та повоєнного відновлення» (1.1);

- багатофакторна класифікація об’єктів розподіленої біоенергетики, яка інтегрує технічні (потужність, метод конверсії, когенерація) та економіко-логістичні (суб’єкт власності, радіус збору біомаси, рівень CAPEX) параметри. Це дозволило систематизувати генеруючі потужності за їхньою здатністю до інтеграції в локальні мережі та визначити оптимальні логістичні моделі (від 0–10 км для малих до 30–70 км для середніх об’єктів) для стабільного забезпечення сировиною (1.2);

- науково-методичний підхід до оцінки інвестиційного потенціалу енергетичних проєктів на муніципальному рівні, який, на відміну від існуючих, базується на інтеграції показників «цифрової зрілості» енергоменеджменту громади та наявності міжнародних безпекових гарантій (MIGA, DFC) у єдину матрицю стратегічного вибору (2.3);

- практичний інструментарій оцінки інвестиційних проєктів малої когенерації, що базується на врахуванні економічного ефекту від мінімізації енергетичних ризиків та включення вартості уникнених збитків від недопостачання енергії до структури доходів проєкту, що дозволяє покращити показники його рентабельності та скоротити термін повернення капіталу, що є критично важливим для залучення приватних інвестицій у систему енегозабезпечення громад (3.1).

Практичне значення отриманих результатів. Окремі наукові розробки автора використовуються в практичній діяльності державних органів влади та організаціях, зокрема: впроваджено концепцію «енергетичного острова» для забезпечення автономної роботи критичної інфраструктури в умовах блекаутів та оптимізовано логістику збору біосировини в радіусі до 15 км в Іллінецькій територіальній громаді (довідка № 12 від 15.01.2026 р.); в практичну діяльність ТОВ «МХП-Агрокряж» прийнято до використання наукові підходи щодо створення «енергетичних островів» для зміцнення промислової стійкості, а також результати аналізу логістичних ланцюгів для оптимізації радіусу збору сировини від 10 до 70 км (довідка № 37 від 06.02.2026 р.); практичну діяльність ВП «Біогаз Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика» використання методики визначення

ключових параметрів для аналізу ефективності біогазових проєктів, що охоплюють характеристики сировини, енергоефективність, якість добрив, логістику та економічну собівартість (довідка № 48 від 28.01.2026 р.); практичну діяльність Департаменту агропромислового розвитку Вінницької ОВА – пропозиції щодо впровадження моделі локальних енергетичних кластерів та оптимізації логістичних ланцюгів збору враховані при формуванні доповнень до Стратегії збалансованого регіонального розвитку Вінницької області на період до 2027 року, зокрема в частині розвитку децентралізованої біоенергетики та переходу громад до принципів циркулярної економіки (довідка № 01.1-27/165 від 10.02.2026 р.).

Положення дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі Вінницького національного аграрного університету під час викладання окремих частин навчальних дисциплін «Енергоефективність та альтернативні джерела енергії», «Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності», «Екологічна економіка».

Практичне значення одержаних наукових результатів зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії (довідка № 01.1-60-1290 від 30.12.2025 р.).

Особистий внесок автора. Дисертація є самостійно виконаною науковою роботою. Відображені у ній висновки, рекомендації та положення наукової новизни, які виносяться на захист, отримані здобувачем особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, у дисертаційній роботі використані лише ті ідеї та положення, які є результатом власних напрацювань здобувача.

Апробація результатів дослідження. Основні наукові положення дисертаційної роботи та практичні результати дослідження були апробовані на 3 науково-практичних конференціях, зокрема: Міжнародній науково-практичній конференції «CURRENT ISSUES IN SCIENCE» (м. Дрезден, Німеччина, 9-11 січня 2026 року); Міжнародній науково-практичній конференцій «Актуальні проблеми економіки, обліку, управління і права в сучасних умовах» (м. Рівне, 8 січня 2026 р.); Міжнародній науково-практичній конференція «Перспективи розвитку

науки, освіти і суспільства в Україні та світі» (м. Полтава, 12 січня 2026 р.).

Публікації. За результатами дослідження автором опубліковано 9 наукових праць загальним обсягом 4,2 умовн. др. арк. (власний доробок автора 2,58 умовн. др. арк.), 1,9 умовн. др. арк. у наукових фахових видання України, включених до міжнародних наукометричних баз; 0,68 умовн. др. арк. у інших виданнях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний обсяг дисертації становить 190 сторінок комп'ютерного тексту. Робота містить 63 таблиці, 7 рисунків та 5 додатків. Список використаних джерел включає 165 найменувань, викладених на 20 сторінках.

Інформаційною базою дослідження слугували законодавчі, нормативно-правові акти органів державної влади та управління, офіційні публікації статистичних органів і відомчі матеріали, інтернет-ресурси.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ДОМІНАНТИ ДИВЕРСИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

1.1. Концепція диверсифікації енергоресурсів як інструмент зміцнення економічної стійкості локальних систем

В умовах воєнного стану в Україні концепція диверсифікації енергоресурсів трансформувалася з довгострокового бачення розвитку на критично важливий механізм негайного реагування, який безпосередньо забезпечує економічну та фізичну життєздатність локальних систем територіальних громад. Системне впровадження розподіленої генерації та використання багатовекторного енергетичного міксу дозволяє територіальним громадам знизити ризики, спричинені цілеспрямованим руйнуванням централізованої енергетичної інфраструктури та магістральних мереж.

Загалом погоджуємося з думкою О. Микитина, що диверсифікування в енергетичному секторі України потрібно здійснювати згідно з європейськими стандартами, принципами, нормативами з урахуванням тісних взаємозв’язків між диверсифікуванням природних енергетичних ресурсів, шляхами їх постачання і рівнем енергетичної безпеки країни [1].

Децентралізація енерговиробництва за своєю суттю є фундаментальною трансформацією традиційної енергетичної моделі, яка передбачає перехід від великих міжрегіональних електростанцій до розгалуженої мережі локальних джерел генерації, розташованих безпосередньо в місцях споживання енергії. У контексті територіальних громад цей процес базується на впровадженні технологій відновлюваної енергетики, таких як сонячні та вітрові установки, а також використанні когенераційних модулів і систем накопичення енергії, що дозволяють громаді функціонувати в автономному режимі. Головна роль такої трансформації у забезпеченні економічної безпеки полягає у створенні високого рівня стійкості до зовнішніх інфраструктурних шоків, оскільки розосереджені об'єкти генерації є

набагато менш вразливими до фізичних пошкоджень або системних аварій у загальнонаціональній мережі порівняно з великими енерговузлами.

Економічний аспект безпеки реалізується через значне зниження видатків місцевих бюджетів на енергозабезпечення комунальної сфери, що дозволяє перерозподіляти вивільнені кошти на соціальний розвиток та модернізацію інфраструктури. Крім того, наявність стабільного та незалежного енергопостачання стає критичною конкурентною перевагою громади у боротьбі за інвестиції, оскільки бізнес отримує гарантії безперебійності виробничих процесів навіть у періоди загальнодержавного дефіциту потужності. Використання місцевих паливних ресурсів, зокрема біомаси чи відходів сільського господарства, сприяє формуванню внутрішнього ринку енергоносіїв, що залишає додану вартість всередині громади та стимулює створення нових робочих місць для місцевих мешканців. Таким чином, децентралізація енерговиробництва перетворює територіальну громаду з пасивного споживача на активного суб'єкта енергетичного ринку, забезпечуючи фінансову стабільність, технологічну незалежність та надійний фундамент для довгострокового економічного зростання.

За результатами досліджень С. Левченка визначено, що рішення щодо децентралізації системи електропостачання в Україні у повоєнні роки мають ґрунтуватись не лише на ініціативі муніципалітетів та територіальних громад у самозабезпеченні власною електроенергією, а й з урахуванням особливостей енергоміксу країни, наслідків повномасштабного вторгнення рф на територію України, можливостей залучення інвестицій у розвиток підприємств енергетики в контексті «зелених трансформацій» та необхідності балансування генерації електроенергії протягом доби [2, с. 89].

Найважливішим наслідком повномасштабної агресії в Україні є поява розуміння в Європейському Союзі того, що енергетична безпека є геополітично та стратегічно важливою для державної та національної безпеки і не може більше відігравати роль лише товарних відносин [3, с. 44].

Враховуючи дослідження В. Омельченка, що для економічного відновлення України варто обрати курс вуглецевої нейтральності в енергетиці для досягнення

щорічного зростання ВВП на 4% шляхом подолання імпортозалежності через доступність найкращих технологій, диверсифікацію, децентралізацію та діджиталізацію [4, с. 106].

На основі систематизації різноманітних підходів до визначення поняття «децентралізація енерговиробництва» (табл. 1.1) можна констатувати, що цей термін є багатогранним та охоплює комплекс аспектів, а саме: юридичний (правовий статус установок споживача), інституційну трансформацію (автономію регіонів), техніко-технологічне оновлення (впровадження локальних об'єктів ВДЕ) та системну цифровізацію (Smart Grid).

Таблиця 1.1

Підходи до визначення поняття децентралізації енерговиробництва

Підхід	Сутність поняття	Джерело
Юридичний	Установки для виробництва електроенергії, приєднані до системи розподілу та розташовані безпосередньо у споживача.	[5]
Інституційний	Трансформація системи публічного управління, що створює умови для автономії регіонів у питаннях ресурсного забезпечення.	[6]
Техніко-технологічний	Створення мережі малих об'єктів на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), інтегрованих у локальні мережі.	[7]
Системний (Smart Grid)	Перехід до інтелектуальних мереж, здатних керувати тисячами децентралізованих джерел енергії в реальному часі.	[8]
Безпековий	Побудова стійкої системи (resilience), здатної функціонувати в автономному режимі при пошкодженні центральних вузлів.	[9]
Авторське бачення	Стратегічна спроможність енергосистеми зберігати функціональну життєздатність в умовах критичних деструктивних впливів шляхом децентралізації генеруючих потужностей та переходу від ієрархічної моделі управління до мережевої архітектури, здатної до автономного функціонування окремих її вузлів.	

Джерело: систематизовано на основі [5-9]

Така комплексна декомпозиція дозволяє стверджувати, що децентралізація не є лише технічним розосередженням потужностей, а виступає базовим інструментом забезпечення енергетичної стійкості. У цьому контексті авторське бачення трактує децентралізацію як стратегічну спроможність енергосистеми зберігати функціональну життєздатність в умовах критичних деструктивних впливів, що досягається шляхом переходу від ієрархічної моделі управління до гнучкої мережевої архітектури, здатної до автономного функціонування окремих її

вузлів. У той же час при проведенні досліджень визначено роль енергетичної децентралізації за векторами впливу. Визначено, що у межах фінансово-бюджетного вектора децентралізація забезпечує пряму економію коштів на енергопостачанні комунальних закладів та відкриває можливості для отримання додаткових доходів через механізм Net Billing, що в результаті веде до фінансової автономії громади та зниження її залежності від державних субвенцій чи коливань світових цін на енергоносії (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Роль енергетичної децентралізації в економічній безпеці громад

Вектор впливу	Основні механізми реалізації	Результат для економічної безпеки
Фінансово-бюджетний	Пряма економія бюджетних коштів на енергопостачанні комунальних закладів. Отримання доходів від продажу надлишків енергії (Net Billing). Збільшення податкових надходжень від нових енергетичних об'єктів.	Фінансова автономія: зменшення залежності від державних субвенцій та коливань світових цін на енергоносії.
Виробничо-інвестиційний	Створення «енергетичних островів» для безперебійної роботи підприємств. Зниження енергоємності місцевої продукції за рахунок дешевшої генерації. Залучення інвестицій у будівництво об'єктів ВДЕ.	Промислова стійкість: захист бізнесу від блекаутів та підвищення конкурентоспроможності місцевого виробництва.
Ресурсно-сировинний	Використання місцевої біомаси (відходи агросектору, лісозаготівлі). Стимулювання переробки відходів (виробництво біогазу).	Ефективне природокористування: створення замкнутих циклів економіки та зменшення імпортозалежності.
Соціально-демографічний	Створення нових робочих місць у сфері обслуговування енергооб'єктів. Зниження ризику міграції населення через стабільні умови життя та роботи.	Людський капітал: збереження трудового потенціалу громади та підвищення рівня життя населення.
Інфраструктурний	Зменшення навантаження на магістральні мережі та зниження технологічних втрат. Модернізація локальних мереж за рахунок приватних інвесторів.	Надійність критичної інфраструктури: гарантоване функціонування лікарень, водоканалів та зв'язку в умовах кризи.

Джерело: систематизовано на основі [10-14]

Виробничо-інвестиційний вектор фокусується на створенні автономних

«енергетичних островів» та залученні інвестицій у відновлювану енергетику, що гарантує промислову стійкість місцевого бізнесу під час блекаутів та підвищує загальну конкурентоспроможність локального виробництва. Ресурсно-сировинний аспект передбачає ефективне використання місцевої біомаси та відходів агросектору для виробництва енергії, що сприяє впровадженню принципів замкнутої економіки та значно зменшує залежність громади від імпортованих енергоресурсів. Соціально-демографічний вектор підкреслює важливість збереження людського капіталу шляхом створення нових робочих місць у сфері обслуговування енергооб'єктів та покращення якості життя населення через стабільний доступ до енергії. Нарешті, інфраструктурний вектор демонструє шлях до надійності критичної інфраструктури через модернізацію локальних мереж і зменшення технологічних втрат, що гарантує безперебійне функціонування лікарень та водоканалів навіть у кризових умовах. Загалом представлена таблиця доводить, що енергетична децентралізація є не лише технічним оновленням, а й стратегічним інструментом забезпечення комплексної економічної безпеки на місцевому рівні.

У наведеній таблиці 1.3 представлено ґрунтовний огляд дефініцій енергетичної стійкості, що дозволяє простежити еволюцію цього терміна від суто технічної здатності енергетичних мереж зберігати синхроність до комплексної соціально-економічної категорії.

В результаті дослідження систематизовано погляди ключових міжнародних інституцій, державних структур та приватних енергетичних компаній, виокремлюючи спільні риси, такі як здатність до швидкого відновлення після шокових впливів та адаптація до кліматичних змін.

Особлива увага приділяється інтеграції технічних параметрів надійності з управлінськими аспектами диверсифікації ресурсів та енергоефективності. Підсумком таблиці стає авторське бачення, яке синтезує існуючі підходи в єдину динамічну здатність системи не лише протидіяти зовнішнім загрозам, а й забезпечувати високий рівень автономності через впровадження інтелектуальних технологій керування.

Таблиця 1.3

Компаративний аналіз поняття «енергетична стійкість» у міжнародній та вітчизняній практиці

Автор	Трактування поняття «енергетична стійкість»
Міністерство енергетики США [15]	здатність енергетичної системи, будівель і спільнот витримувати та швидко відновлюватися після перебоїв у постачанні електроенергії, забезпечуючи безперервне функціонування електропостачання, опалення, охолодження, вентиляції та інших енергозалежних послуг.
Європейська економічна комісія ООН [16]	система, в якій енергетика робить оптимальний внесок у соціальний, економічний та екологічний розвиток країни, здатна витримувати та швидко відновлюватися після непередбачуваних шоків, а також враховує потенційний вплив змін клімату на енергетичні ресурси у процесі планування і функціонування.
Стратегія енергетичної безпеки [17]	спроможність енергетичного сектору функціонувати у штатному режимі, адаптуватися до умов, що постійно змінюються, протистояти та швидко відновлюватися після реалізації загроз будь-якого виду.
НЕК «Укренерго» [18]	здатність енергосистеми повертатися до усталеного режиму роботи без порушення синхронізму після малих збурень, за яких зміни параметрів режиму є дуже малими порівняно з їхніми середніми значеннями.
Enel North America [19]	здатність забезпечувати надійне постачання енергії для безперервного функціонування підприємств, навіть у разі порушень роботи енергомережі, наприклад, під час відключень електроенергії.
Кичигін А.М. [20, с. 159]	рівень енергетичної автономії, диверсифікація енергетичних джерел, енергоефективність виробничих процесів, наявність резервних енергетичних потужностей [с. 159].
Дугінець Г.В. [21]	здатність енергетичної системи забезпечувати та підтримувати прийнятний рівень обслуговування в умовах різних викликів для нормального та надійного функціонування.
Авторське бачення	це комплексна динамічна здатність енергетичної системи (від локального об’єкта до національного рівня) не лише протистояти деструктивним впливам та швидко відновлюватися після збоїв, а й активно адаптуватися до нових умов функціонування шляхом диверсифікації ресурсів, впровадження інтелектуальних технологій керування та забезпечення високого рівня автономності для підтримки критично важливих життєвих процесів.

Джерело: систематизовано на основі [15-21]

Завдяки переходу від монозалежності до експлуатації локальних видів палива, таких як біомаса, відходи сільського господарства, а також інтеграції відновлюваних джерел енергії, територіальні громади мають можливість отримати безперервність виробничих циклів навіть у періоди дефіциту потужності в загальнодержавній мережі. Такий підхід створює умови для формування автономних енергетичних кластерів, які здатні функціонувати у вигляді «енергетичних островів», забезпечуючи роботу критичної інфраструктури, малого

та середнього бізнесу, що є ключовою передумовою для збереження робочих місць та податкових надходжень до місцевих бюджетів в період воєнного стану.

Водночас диверсифікація енергоресурсів на рівні окремих територіальних громад сприяє децентралізації капітальних інвестицій, оскільки залучення коштів у будівництво малих когенераційних установок чи сонячних станцій має значно коротший термін окупності та вищу ефективність у порівнянні з масштабною реконструкцією застарілих об'єктів великої теплогенерації. У підсумку, стратегічне розширення спектра використовуваних енергоносіїв в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення стає фундаментом для нової моделі економічної стійкості, де енергетична незалежність кожної окремої громади формує сукупну стійкість всієї держави до зовнішніх агресивних впливів та енергетичного шантажу.

В результаті проведеного дослідження нами систематизовано механізми фінансового стимулювання децентралізації енерговиробництва та згруповано за типом впливу на реалізацію енергетичних проєктів у територіальних громадах (табл. 1.4).

Дані таблиці демонструють багаторівневу систему підтримки, де ключовим фактором є поєднання зниження вартості входу в проєкт (через податкові пільги та гранти) та забезпечення стабільного доходу під час експлуатації (через тарифи та систему Net Billing). Використання кредитних ресурсів під 5-9% у поєднанні з відшкодуванням до 70% вартості обладнання через державні фонди дозволяє громадам реалізовувати енергетичні проєкти з терміном окупності 3–5 років, що є економічно виправданим показником для інфраструктурних інвестицій. Окрему роль відіграє податкова лібералізація, яка знижує капітальні витрати на етапі закупівлі високотехнологічного імпортного обладнання, роблячи децентралізовані рішення доступнішими для муніципального сектору [22, с. 148].

Варто зауважити, що важливим елементом концепції диверсифікації є перехід до моделі просюмеризму, де територіальна громада, місцевий бізнес та домогосподарства одночасно є виробниками та споживачами енергії. В європейській практиці цей процес реалізується через створення енергетичних

спільнот (energy communities). Це дозволяє акумулювати інвестиції дрібних власників для створення потужних локальних об’єктів (наприклад, біогазових установок), що забезпечує не лише диверсифікацію ресурсів, а й соціальну згуртованість громади навколо питань енергонезалежності.

Таблиця 1.4

Фінансово-економічні інструменти стимулювання децентралізації енерговиробництва в Україні

Тип механізму	Інструмент стимулювання	Показники та цифрові параметри
Кредитні інструменти	Програма «Доступні кредити 5-7-9%»	Пільгова ставка 5%, 7% або 9% річних; для енергосервісних проєктів ліміт кредитування може сягати до 150 млн грн на термін до 10 років.
Тарифне регулювання	«Зелений» тариф (для СЕС)	Фіксована ціна для домогосподарств становить близько 14,6 євроцента за кВт·год (для установок, введених до кінця 2024 року) з прив’язкою до курсу євро.
Ринкові механізми	Net Billing (Чистий облік)	Продаж надлишків за ринковою ціною «на добу наперед» (наприклад, близько 5–7 грн/кВт·год); кошти зараховуються на спецрахунок для оплати споживання.
Податкові преференції	Звільнення від мита та ПДВ	Нульова ставка (0%) ввізного мита та ПДВ на обладнання для енергетики (когенераційні установки, інвертори, акумулятори, генератори).
Бюджетні дотації	Фонд енергоефективності («ГрінДІМ»)	Відшкодування до 70% вартості обладнання та матеріалів для встановлення сонячних станцій та теплових насосів (до 1-2 млн грн на об'єкт).
Муніципальне фінансування	Місцеві програми співфінансування	Зазвичай покривають від 20% до 50% вартості встановлення джерел розподіленої генерації для об’єктів соціальної сфери громади.
Прямі гранти	Проєкти міжнародних донорів (USAID, GIZ)	Грантове покриття до 100% вартості обладнання для критичної інфраструктури (наприклад, когенераційні установки потужністю від 50 кВт до 1,5 МВт).

Джерело: систематизовано автором на основі даних [22-23]

Також було проведено дослідження бар’єрів (табл. 1.5) свідчить, що ключовим викликом є не лише залучення фінансування, а й подолання технічної непідготовленості локальної інфраструктури до розподіленої генерації. Це вимагає переходу від точкового встановлення сонячних панелей до комплексної модернізації мереж на принципах Smart Grid. Водночас, воєнні ризики

актуалізують потребу у створенні максимально мобільних та контейнерних рішень (наприклад, мобільних когенераційних установок), які можна оперативно переміщувати або захищати

Таблиця 1.5

Класифікація бар'єрів та ризиків диверсифікації енергоресурсів на рівні територіальних громад

Група факторів	Зміст бар'єру / ризику	Наслідки для економічної стійкості
Техніко-технологічні	Низька пропускна здатність та зношеність локальних мереж (до 70-80%).	Неможливість приєднання нових потужностей ВДЕ через ризик перевантаження ліній.
	Нестабільність генерації з відновлюваних джерел (залежність від погоди).	Необхідність у дорогих системах накопичення (ESS) або маневрових потужностях.
Економіко-фінансові	Висока вартість капітальних інвестицій (CAPEX) на початковому етапі.	Збільшення боргового навантаження на місцеві бюджети або потреба у зовнішніх запозиченнях.
	Тривалий термін окупності проєктів у сфері біоенергетики та когенерації.	Низька привабливість для приватних інвесторів без державних гарантій.
Управлінські (інституційні)	Дефіцит кваліфікованих енергоменеджерів та інженерів у штатах громад.	Помилки при проєктуванні, неефективне управління та простої обладнання.
	Складність дозвільних процедур та бюрократизація процесу приєднання до мереж.	Затягування термінів реалізації проєктів на роки.
Безпекові (воєнні)	Ризик фізичного знищення об'єктів внаслідок бойових дій.	Прямі фінансові збитки та раптова втрата енергоавтономності.
	Дефіцит комплектуючих через логістичні розриви (імпортозалежність від Китаю/ЄС).	Складність проведення швидкого ремонту та сервісного обслуговування.
Екологічні	Необхідність утилізації сонячних панелей та літієвих акумуляторів у майбутньому.	Додаткові екологічні видатки та потреба у створенні спеціалізованої інфраструктури.

Джерело: систематизовано автором на основі [24-34]

В результаті вище проведеного дослідження сформовано теоретико-методологічний базис концепції диверсифікації енергоресурсів територіальних громад (табл. 1.6), що дозволяє трактувати диверсифікацію енергоресурсів не просто як технічне завдання, а як стратегічну управлінську парадигму. В її межах локальна енергетична система має перетворитися на «стійку мережу» (Resilient Network), де економічна вигода (економія коштів та залучення інвестицій)

нерозривно пов’язана з безпековим аспектом (автономність та живучість під час енергетичного терору).

Таблиця 1.6

Теоретико-методологічний базис концепції диверсифікації енергоресурсів територіальних громад

Елемент базису	Зміст та характеристика компонента	Роль у зміцненні економічної стійкості
Фундаментальні теорії	Теорія економічної безпеки, теорія систем (resilience), концепція сталого розвитку, теорія енергетичного переходу (Energiewende).	Формують наукове розуміння енергетики як базису життєдіяльності та визначають вектор на декарбонізацію.
Об’єкт концепції	Енергетичний баланс ТГ, локальні мережі, муніципальні об’єкти генерації та системи накопичення енергії.	Виступають точками прикладання управлінських рішень для зниження енергозалежності.
Ключові принципи	Автономність (здатність до острівного режиму); гнучкість (адаптація до змін попиту); економічна доцільність (мінімізація LCOE).	Забезпечують виживання системи в умовах критичних пошкоджень магістральної інфраструктури.
Методологічні підходи	Системний (енергетика як частина екосистеми ТГ); кластерний (створення енергохабів); просюмерський (громада як активний гравець).	Дозволяють розглядати енергетику не як витратну статтю, а як інструмент капіталізації громади.
Інструментарій	Впровадження ВДЕ, когенерація, енергосервіс (ESCO), енергоменеджмент.	Технічна та цифрова основа для реалізації енергетичної диверсифікації та оптимізації витрат.
Цільові орієнтири (KPI)	Частка місцевих ресурсів у балансі (>30%), економія бюджетних коштів	Створюють вимірювані показники успішності впровадження концепції для стратегічного планування.

Джерело: авторське бачення

У результаті проведеного дослідження теоретико-методологічних засад диверсифікації енергоресурсів встановлено, що в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення України ця концепція трансформувалася з суто технічної моделі розвитку в критично важливий інструмент забезпечення економічної стійкості та фізичної життєздатності територіальних громад. Системний аналіз дозволяє стверджувати, що енергетична децентралізація є багатогранним процесом, який охоплює юридичну легітимізацію малих виробників, інституційну автономію регіонів у ресурсному забезпеченні, технологічне оновлення на базі

відновлюваних джерел енергії та впровадження інтелектуальних систем керування мережами.

Авторське бачення трактує диверсифікацію як стратегічну спроможність системи зберігати функціональну життєздатність шляхом переходу від ієрархічної до гнучкої мережевої архітектури, здатної до автономного функціонування окремих вузлів у режимі «енергетичних островів». Доведено, що реалізація цієї концепції забезпечує комплексну економічну безпеку громад через фінансово-бюджетну автономію, захист місцевого бізнесу від інфраструктурних шоків, стимулювання використання місцевої біомаси та залучення інвестицій у високотехнологічні об’єкти розподіленої генерації.

Незважаючи на наявність суттєвих технічних бар’єрів, таких як зношеність локальних мереж та безпекових ризиків, пов’язаних із військовою агресією, наявний інструментарій фінансового стимулювання у вигляді пільгового кредитування, податкових преференцій та грантової підтримки створює необхідні умови для переходу до моделі просюмеризму. Сформований теоретико-методологічний базис дозволяє розглядати енергетику не як витратну статтю місцевого бюджету, а як стратегічний актив, що мінімізує імпортозалежність, капіталізує локальні ресурси та формує сукупну стійкість держави до зовнішніх викликів і енергетичного шантажу.

1.2. Мала та середня біопаливна генерація: економічна сутність, класифікація та роль у децентралізації енергетики

Сучасна трансформація світового енергетичного сектору характеризується поступовим відходом від жорстко централізованих енергетичних систем на користь диверсифікованого постачання енергоресурсів, де мала та середня біопаливна генерація посідає стратегічне місце. В умовах глобальних кліматичних викликів та необхідності зміцнення національної енергетичної безпеки, використання біомаси як відновлюваного джерела енергії стає не лише

екологічним пріоритетом, а й критичним інструментом забезпечення живучості інфраструктури.

Економічна сутність цього виду генерації полягає у капіталізації локальних біологічних ресурсів – відходів агропромислового комплексу, лісового господарства та муніципального сектору – шляхом їх конверсії у товарну теплову та електричну енергію з високою доданою вартістю.

На відміну від великої енергетики, мала та середня генерація максимально наближена до споживача, що дозволяє радикально знизити логістичні витрати та технологічні втрати в мережах, стимулюючи при цьому розвиток регіональної циркулярної економіки.

Класифікація об’єктів біогенерації базується на багатофакторному підході, що враховує не лише встановлену потужність, а й технологічні цикли перетворення палива (термохімічні чи біохімічні), агрегатний стан енергоносія та функціональну роль у загальній системі. Розуміння цієї типізації є ключовим для формування ефективних моделей інвестування та державної підтримки галузі.

У контексті децентралізації енергетики, мала та середня біогенерація виступає гарантом енергетичної автономності територіальних громад. Завдяки здатності працювати в базовому режимі та забезпечувати стабільну видачу потужності незалежно від погодних умов, біопаливні установки стають надійним фундаментом для створення локальних «енергетичних островів» (Microgrids), здатних підтримувати життєдіяльність критичної інфраструктури навіть за умов глобальних збоїв у магістральних мережах.

Варто зауважити, що виробництво теплової енергії з біогазу було одним з основних способів використання у другій половині ХХ століття. Проте для цього застосовувались інші види сировини – осад стічних вод, відходи тваринництва. Відомі приклади генерації біогазу з осаду станцій очищення стічних вод з метою забезпечення власних потреб у тепловій енергії, а також для створення локальних теплових мереж для опалення будинків [35, с. 18].

У той же час погоджуємся з думкою О. Маляренка, що пошук та освоєння альтернативних джерел енергії як замінника дефіцитних вугілля і природного газу

є надзвичайно важливою для економіки України задачею [36, с. 184].

Загалом погоджуємся з думкою Д. Тітова, що відсутність електроенергії та дороговизна ресурсів («дизельний голод») змушують фермерів шукати альтернативу – так виникає попит на відновлювані джерела енергії (біогаз, сонячні панелі) та автономну техніку сільськогосподарського призначення (трактори на суміші газойлів дизелі/біодизелі) [37, с. 444].

Беремо до уваги висновки Ю. Охоти, що поліпшення стратегій розвитку сільських територій потребує диференціації за типами територій, посилення ролі громад у стратегічному плануванні, врахування екологічної складової та підвищення ефективності державної підтримки [38, с. 279].

Для подальшого вдосконалення та розвитку біоенергетичного сектору необхідно створити стимули для залучення приватного капіталу до виробництва біопалива, розширити співпрацю між державними органами та приватними підприємствами, а також інтегрувати сучасні технології переробки сільськогосподарських відходів [39, с. 291].

В той же час, розробка та впровадження державної програми енергоефективності та розвитку відновлюваних джерел енергії в сільській місцевості. Ця програма має передбачати фінансову підтримку проєктів з енергоефективності та використання відновлюваних джерел енергії, спрощення процедур отримання дозволів та стимулювання інвестицій у цей сектор [40, с. 557].

Враховуючи вищевикладене, стає очевидним, що реалізація державних програм та стратегій розвитку сільських територій неможлива без чіткого визначення економічних та технологічних параметрів генеруючих потужностей. Саме тому перехід від теоретичного обґрунтування енергонезалежності до практичного впровадження проєктів потребує глибокого розуміння природи біоенергетичних об’єктів особливо малої та середньої потужності.

Економічна сутність малої та середньої біопаливної генерації виявляється у створенні децентралізованої моделі доданої вартості, де біологічні відходи аграрного та лісового секторів трансформуються у високоліквідні енергетичні ресурси безпосередньо в місцях їх виникнення.

Такий підхід мінімізує логістичні витрати на транспортування палива та втрати при передачі енергії, що притаманні централізованим системам, одночасно стимулюючи розвиток циркулярної регіональної економіки.

Класифікація об’єктів такої генерації базується на комплексі взаємопов’язаних показників, серед яких ключовими є встановлена електрична та теплова потужність, агрегатний стан палива та фізико-хімічні методи його перетворення, такі як пряме окиснення, термохімічна газифікація або анаеробна ферментація. При цьому за функціональним призначенням ці установки поділяються на базові, що забезпечують стабільне навантаження в мережі, та маневрові, здатні оперативно регулювати обсяги видачі енергії залежно від коливань попиту.

Роль малої та середньої біогенерації в децентралізації енергетики полягає у формуванні стійкої мережі автономних енергетичних вузлів, які здатні функціонувати в ізольованому режимі та забезпечувати живучість критичної інфраструктури під час системних аварій у магістральних мережах. Завдяки високому коефіцієнту використання палива в режимі когенерації, такі об'єкти стають фундаментальними елементами енергетичної безпеки громад, перетворюючи пасивних споживачів на активних учасників енергоринку.

Представлена в таблиці 1.7 диференціація об’єктів розподіленої біоенергетики дозволяє чітко розмежувати підходи до їх впровадження залежно від масштабу, де мала генерація потужністю до 1 МВт виступає інструментом індивідуального самозабезпечення домогосподарств та фермерських господарств, тоді як середня генерація від 1 до 20 МВт трансформується у стратегічний комерційний актив територіальних громад та агрохолдингів.

Економічна сутність даних сегментів суттєво різниться, оскільки малі об’єкти орієнтовані на мінімізацію витрат та локальну утилізацію відходів у радіусі до 10 км, у той час як середні установки забезпечують генерацію прибутку через продаж енергії в мережу та потребують формування складних логістичних ланцюгів заготівлі біомаси в межах цілого району або ж окремої територільної громади.

Таблиця 1.7

Диференціація об'єктів розподіленої біоенергетики за масштабом впровадження та економіко-логістичними параметрами

Показник	Мала біоенергетична генерація	Середня біоенергетична генерація
Встановлена потужність	До 1 МВт	Від 1 МВт до 10–20 МВт
Суб'єкти власності	Приватні домогосподарства, фермерські господарства, малий бізнес, ОСББ.	Територіальні громади (ТГ), агропромислові холдинги, великі переробні заводи.
Економічна сутність	Самозабезпечення (Self-consumption) здебільшого орієнтоване на мінімізацію витрат на енергопостачання та утилізацію локальних відходів домогосподарств чи малих господарських формувань	Комерційний актив (Business-asset), що забезпечує генерацію прибутку через продаж енергії в мережу або централізоване забезпечення теплом населених пунктів.
Логістичний радіус	Локальна сировинна база в межах одного об'єкта чи господарства (0–10 км).	Регіональна система збору та заготівлі біомаси в радіусі громади чи району (30–70 км).
Питомі капітальні інвестиції, дол. США (CAPEX)	Вищі витрати на одиницю потужності через відсутність ефекту масштабу (2500-4500 дол. США за кВт).	Нижчі питомі витрати завдяки використанню потужнішого промислового обладнання (1500-3000 дол. США за кВт).

Джерело: авторське бачення

Попри вищі питомі капітальні інвестиції на одиницю потужності у малому сегменті, спричинені відсутністю ефекту масштабу, середня генерація демонструє вищу інвестиційну ефективність із нижчим рівнем CAPEX за рахунок використання потужного промислового обладнання. Таким чином, запропонована класифікація доводить, що для зміцнення економічної стійкості локальних систем необхідно поєднувати обидва типи генерації, де малі установки забезпечують базову енергонезалежність споживачів, а середні об'єкти стають центрами фінансового зростання та стабільного енергопостачання соціальної інфраструктури громад.

Для малої генерації висока вартість одного кіловата встановленої потужності зумовлена необхідністю інвестувати у базову інфраструктуру (системи подачі палива, автоматику, приєднання до мереж), яка має майже однакову ціну як для 100 кВт, так і для 500 кВт. Проте окупність тут досягається не стільки за рахунок продажу енергії, скільки за рахунок економії на закупівлі дорогої електрики з

мережі за роздрібними тарифами. У середній генерації спрацьовує «ефект масштабу»: потужні когенераційні модулі мають кращі показники ККД та нижчу вартість обслуговування у перерахунку на вироблений МВт/год. Основна стаття витрат тут зміщується з обладнання на організацію сталої паливної логістики та складського господарства.

Якщо ставити лише тепловий котел (без виробництва електрики), інвестиції будуть у 5–7 разів меншими (близько 200–400 дол. США за кВт). Але ми говоримо про генерацію (виробництво електрики), що вимагає значно дорожчого обладнання. В той же час відповідну генерацію вважаєм за потрібне аналізувати на основі багатофакторної типізації об’єктів розподіленої біоенергетики, що дозволить системно класифікувати генеруючі потужності за техніко-економічними параметрами, де ключовим чинником децентралізації виступає здатність об’єктів до роботи в «острівному режимі» для живлення критичної інфраструктури під час блекаутів (табл. 1.8).

Таблиця 1.8

Багатофакторна типізація об’єктів розподіленої біоенергетичної генерації

Ознака класифікації	Категорії та види об’єктів	Техніко-економічний зміст та роль у децентралізації
За встановленою потужністю	Мала: потужністю до 1 МВт Середня: потужністю 1 – 20 МВт	Масштаб проєкту – від локального самозабезпечення об’єкта до енергоживлення територіальної громади чи її частини.
За методом конверсії енергії	Термохімічні орієнтовані на спалювання органічних відходів та газифікацію Біохімічні орієнтовані на анаеробне зброджування	Тип обладнання (котли/турбіни чи біореактори) в залежності від експлуатаційного циклу.
За агрегатним станом палива	Тверде: тріска, пелети, солома Газоподібне: біогаз, біометан	В залежності від інфраструктури зберігання та логістичної моделі (радіус доставки від 10 до 70 км).
За видом кінцевої енергії	Моногенерація: тепло або електроенергія Когенерація: ТЕЦ (тепло + електро)	В залежності від енергоефективності (ККД > 85%) та термінів окупності через реалізацію одного чи двох типів енергії.
За режимом інтеграції в мережу	Мережеві: паралельна робота Автономні: «острівний режим» (Island mode)	Ключовий чинник децентралізації: здатність живити критичну інфраструктуру під час системних блекаутів.
За характером навантаження	Базові: стабільна робота 24/7 Маневрові: покриття добових піків	Біоенергетика, на відміну від СЕС/ВЕС, є прогнозованою і може балансувати енергосистему.

Джерело: авторське бачення

В той же час порівняльна характеристика біопаливної генерації та інтермітуючих відновлюваних джерел енергії свідчить про суттєві переваги першої у контексті формування стійких децентралізованих систем. На відміну від сонячних та вітрових станцій, робота яких має низьку прогнозованість через пряму залежність від погодних умов та часу доби, біопаливна генерація забезпечує стабільне навантаження у базовому режимі 24/7. У структурі локальних енергомереж (Microgrids) саме біоенергетичні установки здатні виконувати роль опорної потужності для створення автономних «енергетичних островів», тоді як СЕС та ВЕС потребують значних інвестицій у дорогі системи накопичення енергії для стабілізації частоти (табл. 1.9).

Таблиця 1.9

Порівняльна характеристика біопаливної генерації та інтермітуючих ВДЕ (СЕС/ВЕС) у системі децентралізації

Параметр порівняння	Біопаливна генерація (мала/середня)	Сонячна та вітрова енергетика (СЕС/ВЕС)
Прогнозованість	Висока стабільність, що забезпечує стабільну роботу у базовому режимі 24/7 незалежно від погоди.	Низька пряма залежність від інсоляції, сили вітру та часу доби.
Роль у Microgrids	Може виступати опорною потужністю для формування «енергетичного острова».	Потребує дорогих систем накопичення (ESS) для стабілізації частоти.
Економічний ефект	Створює попит на локальну біомасу, стимулює суміжні галузі (логістика, АПК).	Має обмежений вплив на розвиток локального ринку після завершення монтажу.
Додаткові продукти	Крім енергії, виробляє добрива (дигестат) або тепло для сушіння зерна.	Виробляє виключно електричну енергію.
Екологічний цикл	Циркулярний цикл ґрунтується на застосування відходів що перетворюються на ресурс, замикаючи цикл вуглецю.	Лінійне споживання зовнішнього ресурсу без переробки відходів інших галузей.

Джерело: авторське бачення

Економічна цінність біогенерації виходить далеко за межі виробництва електрики, оскільки вона стимулює розвиток суміжних галузей через попит на локальну біомасу та логістичні послуги, замикаючи циркулярний цикл переробки відходів у ресурс. Важливою перевагою є також отримання додаткових продуктів, таких як високоякісні добрива (дигестат) або теплова енергія для аграрних потреб,

що робить біоенергетичні проєкти інтегрованим елементом екологічно відповідальної та енергетично незалежної економіки територіальних громад.

Незважаючи на очевидні технологічні та економічні переваги біопаливної генерації перед іншими видами відновлюваних джерел, процес її масштабування в Україні стикається з низкою деструктивних чинників. Реалізація потенціалу децентралізації потребує не лише розуміння переваг, а й системного аналізу перешкод, які стримують інвестиційну активність у цьому секторі. Узагальнена класифікація основних стримуючих факторів, що безпосередньо впливають на фінансову життєздатність та операційну стабільність проєктів, представлена у таблиці 1.10.

Таблиця 1.10

Класифікація бар'єрів та ризиків розвитку малої і середньої біогенерації в Україні

Категорія бар'єру	Зміст перешкоди	Вплив на економічну сутність проєкту
Інфраструктурний	Технічна складність та висока вартість приєднання до мереж НЕК «Укренерго»/обленерго.	Збільшує CAPEX та термін окупності проєкту на 15–20%.
Сировинний	Відсутність організованого прозорого ринку біомаси та волатильність цін на агровідходи.	Формує ризик зупинки генерації через розрив ланцюгів постачання.
Фінансовий	Обмежений доступ до «дешевих» довгострокових кредитів та високі валютні ризики.	Робить проєкти чутливими до коливань курсу (оскільки обладнання переважно імпортне).
Технологічний	Дефіцит кваліфікованих інженерних кадрів для сервісного обслуговування малих установок.	Підвищує OPEX через необхідність залучення іноземних фахівців або навчання персоналу.

Джерело: авторське бачення

Аналіз бар'єрів розвитку малої та середньої біогенерації свідчить про комплексний характер проблем, де інфраструктурні обмеження у вигляді високої вартості приєднання до мереж суттєво обтяжують капітальні витрати (CAPEX) та подовжують терміни окупності. Сировинна та технологічна вразливість, зумовлена відсутністю прозорого ринку біомаси та дефіцитом кваліфікованого сервісного персоналу, створює ризики операційних простоїв та зростання поточних витрат

(OPEX). Водночас фінансова нестабільність та обмежений доступ до довгострокового кредитування посилюють чутливість проєктів до валютних коливань, що вимагає розробки додаткових механізмів державного стимулювання та страхування інвестиційних ризиків у біоенергетичному секторі.

В таблиці 1.11 систематизовано сучасний стан біоенергетичного сектору України, виокремлюючи ключові вектори росту та критичні перешкоди, що формують стратегію поведінки інвесторів в теперішній час.

Таблиця 1.11

Матриця стратегічного аналізу розвитку малих біопаливних об'єктів

Категорія	Тенденції розвитку	Бар'єри та виклики
Регуляторна політика	Впровадження обов'язкових квот (5%) на біокомпоненти у паливі та запуск повноцінного реєстру гарантій походження біометану за стандартами ЄС.	Складність та тривалість процедур підключення до газових та електричних мереж, а також надмірна бюрократизація адміністрування акцизних складів.
Ринкові умови	Відкриття доступу до європейського ринку біометану та формування високого внутрішнього попиту на альтернативне опалення серед громад.	Висока вартість залучення капіталу через військові ризики та конкуренція з субсидованими цінами на природний газ для населення.
Технології та інфраструктура	Розгортання модульних установок малої потужності та створення локальних енергетичних островів (microgrids) на базі біопалива.	Зношеність мереж, що обмежує можливість видачі потужності, та дефіцит спеціалізованого обладнання для очищення біогазу до стану біометану.
Ресурсна база	Збільшення використання пожнивних решток, відходів тваринництва та переробної промисловості замість харчової сировини.	Нестабільність ланцюгів постачання біомаси через логістичні розриви та ризики мінування або бойових дій на сільськогосподарських угіддях.
Людський капітал	Активне навчання персоналу за програмами технічної допомоги від міжнародних партнерів та цифровізація управління об'єктами.	Гострий дефіцит кваліфікованих інженерів та операторів установок через мобілізаційні процеси та міграцію фахівців.

Джерело: [41, с. 19, 42-44]

Систематизація стратегічних векторів розвитку в таблиці 1.11 демонструє парадоксальну ситуацію: високий регуляторний потенціал та відкриття європейських ринків нівелюються критичним дефіцитом людського капіталу та

інфраструктурною зношеністю. Це вказує на те, що подальший розвиток сектору залежить не лише від технологічних рішень, а й від комплексної реформи ринку праці та модернізації мереж.

Підсумовуючи результати проведеного аналізу, можна стверджувати, що мала та середня біопаливна генерація в Україні на сьогодні трансформується з допоміжного джерела енергії у фундаментальний елемент національної стійкості. Основна суперечність поточного етапу полягає у розриві між прогресивним законодавством (впровадження квот та реєстрів біометану) та реальними фізичними обмеженнями — від дефіциту інженерних кадрів до безпекових ризиків у ланцюгах постачання сировини.

Виявлена диференціація між малим сегментом (орієнтованим на самозабезпечення) та середнім (комерційним) дозволяє констатувати, що державна політика має бути дихотомічною: стимулювати індивідуальну енергонезалежність фермерів через спрощення дозвільних процедур та водночас підтримувати масштабні проєкти територіальних громад через механізми страхування військових ризиків. Саме подолання окреслених технологічних та інфраструктурних бар’єрів визначить спроможність біоенергетичного сектору забезпечити енергетичний суверенітет України в довгостроковій перспективі.

Визначено, що економічна сутність малої та середньої біогенерації полягає у формуванні децентралізованої моделі доданої вартості шляхом капіталізації локальних біологічних ресурсів. Це забезпечує перехід від лінійного споживання енергії до циркулярної регіональної економіки, де відходи агропромислового та лісового секторів трансформуються у високоліквідні енергетичні активи безпосередньо в місцях їх виникнення, мінімізуючи логістичні витрати та втрати при передачі енергії.

Доведено доцільність диференціації об’єктів біоенергетики за масштабом впровадження. Встановлено, що мала генерація (до 1 МВт) є переважно інструментом індивідуального самозабезпечення та утилізації відходів у радіусі до 10 км, тоді як середня генерація (1–20 МВт) виступає стратегічним комерційним активом територіальних громад та агрохолдингів, що потребує складнішої

логістики (радіус 30–70 км). Попри вищі питомі капітальні інвестиції (CAPEX) у малому сегменті, обидва типи генерації є необхідними для створення стійкої та гнучкої енергосистеми.

Обґрунтовано стратегічну роль біогенерації в децентралізації енергетики. На відміну від інтермітуючих джерел (СЕС/ВЕС), біопаливні установки характеризуються високою прогнозованістю та здатністю працювати у базовому цілодобовому режимі. Це робить їх критично важливими «опорними потужностями» для формування автономних енергетичних островів (Microgrids), здатних забезпечувати живучість критичної інфраструктури в умовах системних блекаутів та воєнних викликів.

Систематизовано ключові бар’єри та ризики, серед яких найбільш деструктивними є інфраструктурні обмеження (вартість приєднання до мереж), волатильність ринку біомаси, обмежений доступ до довгострокового кредитування та гострий дефіцит кваліфікованих інженерних кадрів. Аналіз стратегічних векторів розвитку підтверджує, що ефективність біоенергетичного сектору в Україні залежить від дихотомічного підходу державної політики: поєднання спрощення регуляторних процедур для малих фермерських проєктів із впровадженням механізмів страхування військових ризиків для великих промислових об’єктів.

Таким чином, трансформація біопаливної генерації з допоміжного джерела у фундаментальний елемент національної енергетичної безпеки потребує комплексного подолання технологічних, фінансових та кадрових бар’єрів, що дозволить повною мірою реалізувати потенціал енергетичного суверенітету територіальних громад та держави в цілому.

1.3. Методичний інструментарій оцінки економічної ефективності виробництва альтернативних джерел енергії в умовах воєнних загроз.

Трансформація глобального енергетичного ландшафту під впливом воєнних конфліктів нового типу змушує наукову спільноту та практиків переглянути фундаментальні засади економічної ефективності. Традиційні методи оцінки інвестиційних проєктів, що десятиліттями базувалися на стабільності ланцюгів постачання та передбачуваності ризиків, виявилися недостатніми в умовах цілеспрямованого енергетичного терору.

Головним викликом сучасності є не просто дефіцит генерації, а вразливість її архітектури. Саме тому диверсифікація джерел енергії розглядається нами не лише як екологічний тренд, а як критично необхідний елемент оборонної здатності та економічної стійкості держави.

Аналіз економічної доцільності диверсифікації енергоресурсів у ситуації високої турбулентності та воєнних загроз вимагає поєднання традиційного фінансового інструментарію зі спеціалізованими метриками безпеки. У зв'язку з цим, виникає об’єктивна потреба в оптимізації існуючих методичних підходів до оцінки диверсифікації генеруючих потужностей, адаптуючи їх до специфічних умов воєнного часу.

Варто зауважити, що дослідження Г. Калетніка вказують на успішний приклад ефективності переробки в біоетанол як для забезпечення енергетичних потреб країни, так і створення стабільного ринку збуту сільськогосподарської продукції, сприяючи розвитку аграрного сектора. Завдяки активному розвитку виробництва біопалив з цукрової тростини та сої стало можливим забезпечувати потреби в нафтопродуктах за рахунок біопалива, досягнувши енергетичної незалежності та створивши потужну біопаливну галузь, важливу для економіки [45].

Водночас Н. Пришляк зазначає, що виробництво біогазу є надзвичайно доцільним з точки зору ресурсоефективності, оскільки сировина для нього включає різноманітні органічні відходи (залишки сільськогосподарських культур, відходи

тваринництва та харчової промисловості) та культивовані сільськогосподарські культури (силосна кукурудза, тритикале, цукрові буряки) [46]. Такий підхід дозволяє не тільки ефективно утилізувати відходи, зменшуючи їх об'єм та запобігаючи забрудненню довкілля, але й отримувати відновлюване джерело енергії – біогаз, зменшуючи залежність від традиційних енергоносіїв. Крім того, процес виробництва біогазу забезпечує отримання дигестату – цінного органічного добрива, що покращує родючість ґрунту. Таким чином, виробництво біогазу поєднує в собі вирішення енергетичних, екологічних та сільськогосподарських завдань, сприяючи комплексному та сталому розвитку.

За результатами досліджень Д. Куща [47] визначено більшу економічну стійкість великих біогазових установок у порівнянні з малими за рахунок ефекту масштабування, наявності доступу до джерел збуту та сприятливої цінової кон’юнктури на ринку ЄС.

У той же час дослідженнями Й. Пшибиля [48] визначено необхідність вдосконалення технологій виробництва біогазу, орієнтованих на зменшення викидів вуглецю.

У наукових дослідженнях Я. Гонтарука систематизовано необхідність переробки органічних відходів підприємств та домогосподарств на біогаз шляхом створення кластерів на базі переробних підприємств АПК та полігонів твердих побутових відходів [49].

Питанням виробництва в Україні біогазу та електроенергії в рамках створення біоенергетичних кластерів присвячено незначну кількість наукових праць, що зумовлює актуальність дослідження.

Необхідним для проведення дослідження було здійснення аналізу світового досвіду оцінки потенціалу й налагодження системи збору та переробки біомаси на альтернативні джерела енергії.

В дослідженнях Р. Хека обґрунтовано, що доцільним є визначення оптимального розподілу біомаси для потенційних місць розташування біопереробних заводів, враховуючи при цьому обмеження потужності біопереробних заводів і обмежену доступність біомаси в джерелах постачання.

Результати доцільно експортувати в програмне забезпечення для роботи з електронними таблицями для подальшого аналізу та візуалізації в ArcGIS Pro [50].

В той же час дослідження С. Квінса свідчать, що на виробництво та склад біогазу під час анаеробного зброджування впливають численні взаємопов'язані фактори, починаючи від властивостей сировини до конкретних параметрів процесу. Основними критичними факторами є хімічний склад субстратів, роль слідів поживних речовин і ключові змінні процесу, такі як температура та тип реактора. Також визначено, що такі фактори, як властивості сировини, умови бродіння та дизайн процесу, суттєво впливають на виробництво та склад CH4 і CO2 у біогазі. Шляхом оптимізації технологічних процесів, змішування кількох сировинних матеріалів і регулювання параметрів бродіння вміст CH 4 у біогазі можна ефективно збільшити вміст метану [51].

В той же час Дж. Тіан [52] пропонує новий підхід високого рівня до оцінки стійкості проєктів відновлюваної енергетики та визначення того, які рішення на рівні проєкту впливають на кожну ціль сталого розвитку (ЦСР) за допомогою використання інструменту MS Excel. Ключова характеристика підходу полягає в тому, що він економний, що дозволяє визначати зв'язок між рішеннями на рівні проєкту та відповідними ЦСР, відповідаючи на менше ніж 63 діагностичні запитання «так/ні».

Дослідження, проведені І. Роа, пропонують вимірювати вихід метану з харчових відходів залежно від хімічного складу вихідної сировини, розміру частинок, температури, типу інструменту для змішування та конфігурації реактора, що може пояснити такі великі діапазони

$$P = MASSVS \times METVS \text{П} = \text{МАССВС} \times \text{МЕТВС}, \text{ де}$$

де P – видобуток метану за добу ($м^3$ /добу); $MASSVS$МАССВС– маса летких твердих речовин субстрату (кгВС/добу); і$METVS$МЕТВС– вихід метану ($м^3$ /кгВС) [53].

Водночас, як заначено дослідженнями В. Коваля, що управління ризиками в країнах Східної Європи (Польща, Угорщина, Чеська Республіка) вимагає підходів до оцінки ризиків, модифікованих для енергетичних ландшафтів зі значною

залежністю від викопного палива та застарілої інфраструктури. Ці країни поєднують старі методи з новими для використання відновлюваних джерел енергії [54].

У дослідженнях Л. Вурстера розглядаються потенціали утилізації відпрацьованого тепла та з'ясовуються методики їх кількісного визначення на основі фізичних і технічних оптимумів, забезпечуючи при цьому економічні умови виробництва (мінімізація витрат, максимізація використання заводу, збереження якості продукції та конкурентоспроможності) [55].

У той же час у країнах ЄС активно впроваджуються системи роздільного збору відходів, які наразі дуже слабо розвинені в Україні. Розвинена інфраструктура та переробні потужності ЄС дозволяють ефективно перетворювати зібрані відходи в енергію. Такий комплексний підхід забезпечує високі показники переробки відходів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та сприяє сталому розвитку, що надає можливість науковцям, економістам і політикам України та Латвії розробити ефективну національну стратегію комплексного використання відходів для отримання енергії.

Дослідження Д. Астайя свідчать, що послідовне зростання рівня утворення відходів на душу населення призвело до ескалації відходів кількості та необхідність розширення методів утилізації відходів [56].

Водночас в Україні основним способом поводження з відходами є захоронення на полігонах, що є непродуктивним і негативно впливає на екосистему. Проте великі сміттєзвалища слід використовувати для виробництва біогазу, тим самим зменшуючи навантаження на навколишнє середовище, а отримані доходи слід використовувати для впровадження переробки та поступового переходу до європейської політики управління відходами [57].

Дослідження Дж. Цюли свідчать, що одним із типів біопалив, які можна використовувати, є біометан, який утворюється шляхом перетворення біогазу, що утворюється в процесі бродіння органічних відходів, що містяться в осадах стічних вод. Біогаз, очищений до вмісту близько 95% метану, можна використовувати в транспортних засобах, призначених для спалювання газоподібного палива [58].

Попередніми дослідженнями вчених встановлено, що удосконалення політики пільгових тарифів для просування зеленої енергетики в Україні на основі оцінки економічної ефективності реалізації інвестиційних проєктів за чинних механізмів державної підтримки потребує удосконалення [59].

У той же час в дослідженнях І. Сотнюк [60] зазначено, що необхідним є розуміння стратегічної економічної поведінки домогосподарств, що уможливлює оцінку ефективності існуючої державної політики та її коригування для управління подальшим розвитком енергопостачання в житловому секторі. В контексті досягнення цілей декарбонізації підвищення енергоефективності домогосподарств, що стимулює перехід до зеленої енергії за рахунок виробництва біопалива.

В дослідженнях окремих вчених розглядається доцільність переходу до чистих методів ведення сільського господарства, що дасть можливість не лише забезпечити підвищення продуктивності виробництва біопалив, а й забезпечить енергетичну безпеку [61-63]. Як зазначено в дослідженнях О. Дацій, одним з перспективних напрямів утилізації вуглекислого газу є виробництво екологічно чистих енергоносіїв шляхом перетворення вуглекислого газу в цінні продукти або синтезу вуглеводнів. Для прикладу, вуглекислий газ, що утворюється при виробництві біогазу, можна використовувати для подальшого продукування синтетичного метану під тиском [64]. Також окремі вчені пропонують запровадити стратегічний системний підхід до вирішення актуальних проблем охорони навколишнього середовища та управління промисловими відходами в умовах дефіциту фінансових ресурсів як на державному, так і на регіональному рівнях. Пропонується запровадження поетапного планування вирішення екологічних проблем та залучення необхідних зовнішніх фінансових ресурсів для розвитку виробництва біопалив [65].

Аналіз існуючих підходів свідчить, що більшість авторів фокусуються на технологічних або загальноекономічних аспектах, ігноруючи фактор фізичної виживаності об'єктів в умовах воєнного стану. Це зумовлює необхідність розробки авторського показника для оцінки економічної ефективності диверсифікації джерел енергії в умовах високої невизначеності та воєнних ризиків. Ми

пропонуємо запровадити Інтегральний показник стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації ISRED (Integral Strategic Resilience and Efficiency of Diversification) (табл. 1.12).

Таблиця 1.12

Методичні підходи до оцінки енергетичної диверсифікації

Метод	**Формула обрахунку**	**Сфера застосування**	**Особливості в умовах війни**
Аналіз концентрації (Індекс HHI)	$\mathrm{HHI} = \sum_{i=1}^{n} S_i^2$	Оцінка структурної різноманітності джерел та постачальників.	Дозволяє виявити критичну залежність від вузлових об'єктів (великі ТЕС).
Коригована доходність (Risk-Adjusted NPV)	$\mathrm{NPVrisk} = \sum_{t=1}^{T} \frac{\mathrm{CFt} * \mathrm{Pt}}{(1+r)2} - \mathrm{IC}$	Оцінка фінансової привабливості інвестиційних проєктів.	Враховує ймовірність фізичного знищення активу та премію за воєнний ризик у ставці.
Вартість стійкості (Resilience Index)	$R = \frac{\int_{t0}^{t1} F(t)dt}{\int_{t0}^{t1} Ftarget(t)dt}$	Оцінка здатності системи працювати після обстрілів/аварій.	Пріоритет надається децентралізованим джерелам, які важче вивести з ладу одночасно.
Економічний ефект виживання (VoLL)	$\mathrm{Eeff} = \Delta\mathrm{E} \cdot \mathrm{VoLL}$	Розрахунок збитків, яких вдалося уникнути завдяки диверсифікації.	Головним критерієм стає не ціна кВт-год, а факт наявності живлення для критичних об'єктів.
LCOE (Порівняльна собівартість)	$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^{n} It + Mt + Ft/(1+r)t}{\sum_{t=1}^{n} E_t/(1+r)t}$	Порівняння різних технологій (ВДЕ, газ, вугілля, атом).	Враховує зростання витрат на логістику палива та охорону об'єктів.
Метод реальних опціонів (ROA)	Вартість права на зміну стратегії	Прийняття рішень у ситуації, коли майбутнє невідоме.	Диверсифікація розглядається як «страховий поліс», що дає можливість переключитися на інше паливо.
Сценарне моделювання (Монте-Карло)	Розподіл ймовірностей результату	Прогнозування за умов непередбачуваності цін та ризиків.	Аналіз тисяч сценаріїв: від швидкого завершення війни до тривалого конфлікту.

Джерело: систематизовано автором на основі [66-81]

Для визначення відповідного показника необхідним є розрахунок коефіцієнта адаптивної стійкості (K_{res}). Цей показник модифікує стандартний

Resilience Index, враховуючи не лише швидкість відновлення, а й автономність джерел:

$$K_{res} = \sum_{t=1}^{n} (d_i * a_{i)} * R$$

де: d_i — ступінь децентралізації і-го джерела (0 – велика ТЕС, 1 – розподілена генерація);

α_i — рівень паливної незалежності (1 для ВДЕ, 0,2 — для імпортного газу);

R — базовий індекс стійкості (Resilience Index).

Отже, відповідний індекс ефективності диверсифікації визначається як відношення сумарного ефекту (заощаджених збитків та операційного прибутку) до витрат на диверсифікацію з урахуванням стійкості:

$$I_{sred} = \frac{(NPV_{risk} + E_{eff}) * K_{res}}{IC}$$

де: NPV_{risk} — чиста вартість, коригована на ризик;

E_{eff} — ефект від уникнення збитків через показник VoLL;

IC — інвестиції в диверсифікацію [78, с. 22].

Унормовані показники використання відповідної методики представлені в таблиці 1.13 та дають можливість оцінити доцільність реалізації відповідних проєктів.

Запропонована авторська методика базується на алгоритмі багатокритеріального відбору, де кінцеве рішення приймається не лише на основі комерційної окупності, а через призму здатності об’єкта підтримувати критичне навантаження в умовах дефіциту енергії.

Такий підхід дозволяє нівелювати ефект «високої вартості» альтернативних джерел, демонструючи їх реальну цінність для збереження валової доданої вартості підприємства або регіону.

Для практичної реалізації запропонованого методичного підходу нами розроблено алгоритм, що складається з наступних етапів:

Етап І. Моніторинг та ідентифікація ризиків: збір даних про технічні параметри об’єкта та оцінка рівня воєнних загроз у регіоні (близькість до лінії

фронту, вразливість логістичних шляхів сировини).

Таблиця 1.13

Шкала інтерпретації за авторською методикою визначення Інтегрального показника стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації джерел енергії

Значення ISRED	Рівень ефективності	Рекомендації по впровадженню
> 1,5	Високий	Проєкт є критично важливим для енергетичної безпеки; швидке впровадження.
1,0 – 1,5	Оптимальний	Проєкт економічно виправданий та значно підвищує стійкість системи.
0,5 – 1,0	Допустимий	Потребує залучення державних субсидій або грантів (через високі воєнні ризики).
< 0,5	Низький	Проєкт має надмірні ризики або низьку здатність до виживання в умовах атак.

Джерело: [78, с. 22]

Етап II. Класична фінансова оцінка (NPV_{risk}): розрахунок чистої теперішньої вартості, де ставка дисконтування включає «воєнну премію» (додаткові 5-15% залежно від ризику фізичного знищення).

Етап III. Аналіз стійкості (K_{res}): оцінка ступеня децентралізації (d_i) та паливної автономності (α_i). Чим вища здатність працювати в ізольованому режимі, тим вищий коефіцієнт.

Етап IV. Розрахунок соціально-економічного ефекту (E_{eff}): визначення збитків (VoLL), яких вдасться уникнути завдяки наявності власної генерації під час блекаутів.

Етап V. Інтегральна оцінка (I_{SRED}): фінальне обчислення показника, що синтезує економіку та безпеку.

Етап VI. Стратегічне рішення: прийняття рішення про впровадження проєкту на основі розробленої шкали (рис. 1.1).

Застосування даного алгоритму дозволяє змінити парадигму оцінки енергетичних проєктів з суто комерційної на стратегічно-безпекову.

Це дає змогу обґрунтувати інвестиції в об'єкти, які мають низьку рентабельність у мирний час, але стають критично важливими вузлами стійкості

(resilience) в умовах енергетичного терору.

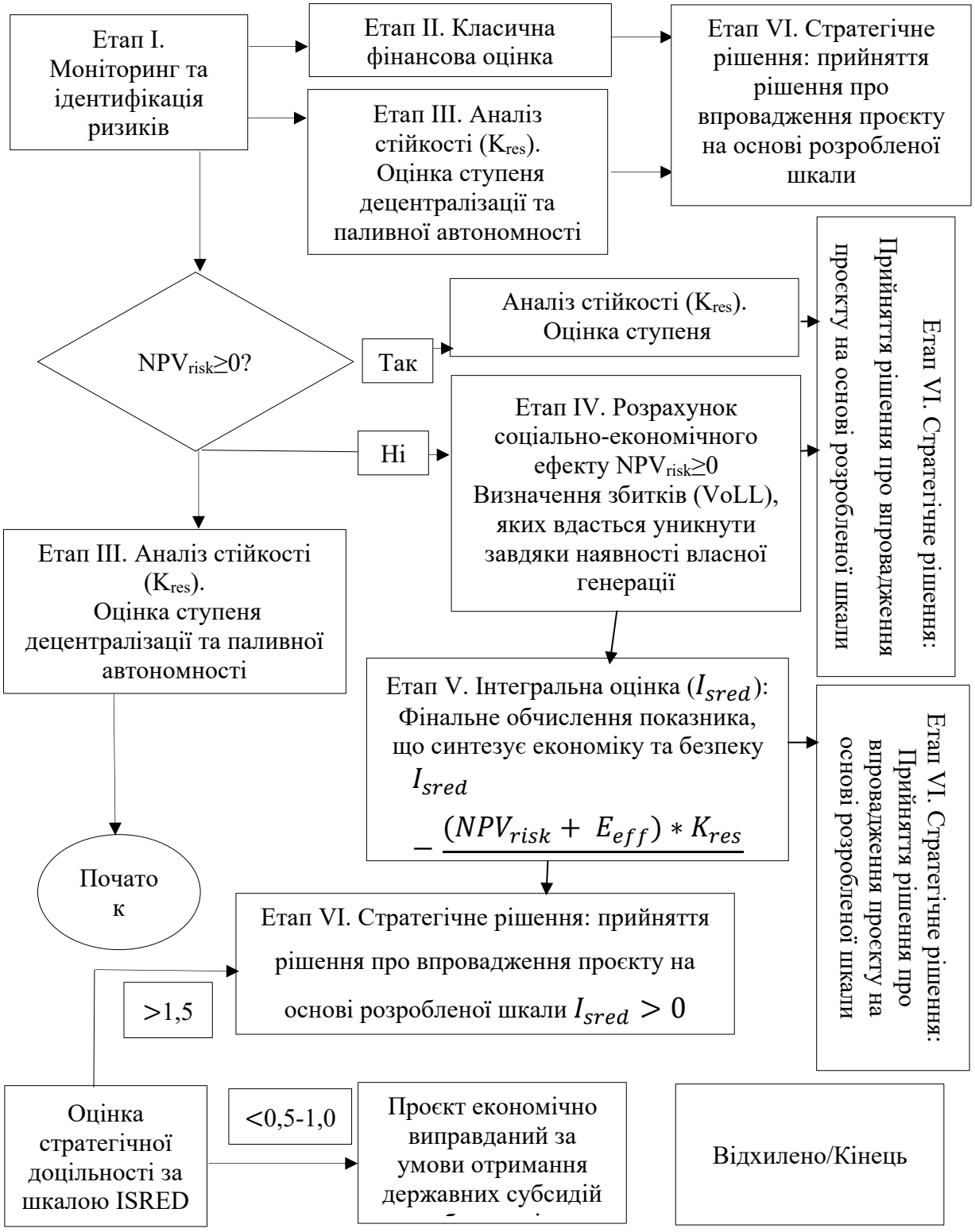

Рисунок 1.1. – **Алгоритм комплексного оцінювання економічної ефективності проєктів альтернативної енергетики в умовах воєнних загроз**

Джерело: авторське бачення

Методичний підхід обрахунку ISRED реалізується через послідовне

виконання шести етапів, що охоплюють моніторинг воєнних ризиків, розрахунок коригованої фінансової окупності та оцінку вартості соціально-економічного виживання об'єкта.

На основі аналізу адаптивної стійкості та паливної незалежності обчислюється інтегральний показник, який дозволяє прийняти стратегічне рішення щодо доцільності впровадження проєкту, його підтримки через субсидії або повного відхилення у разі надмірних загроз (табл. 1.13).

Таблиця 1.13

Етапи реалізації методичного підходу до оцінки стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації джерел енергії (ISRED)

Етап	Назва етапу	Зміст та методичне забезпечення	Результат етапу
I	Ідентифікація та моніторинг	Збір вихідних ТЕО проєкту (CAPEX, OPEX). Оцінка ризиків регіону (дистанція до фронту, ймовірність атак).	Карта воєнних ризиків об’єкта
II	Фінансова корекція (NPV_{risk})	Розрахунок чистої теперішньої вартості з урахуванням "воєнної премії" у ставці дисконтування.	Реалістична фінансова окупність
III	Оцінка вартості виживання (E_{eff})	Розрахунок збитків (VoLL), яких вдалося уникнути завдяки автономній роботі джерела під час блекаутів.	Вартість енергобезпеки
IV	Аналіз стійкості (K_{res})	Оцінка ступеня децентралізації (d_i) та паливної незалежності (alpha).	Коефіцієнт адаптивної стійкості
V	Інтегральна оцінка (I_{SRED})	Обчислення за формулою: $I_{sred} = \frac{(NPV_{risk} + E_{eff}) * K_{res}}{IC}$	Рівень стратегічної доцільності
VI	Прийняття рішення	Порівняння значення I_{SRED} зі шкалою інтерпретації	Стратегічний висновок (проєкт прийнято/відхилено)

Джерело: авторське бачення

У результаті проведеного дослідження встановлено, що традиційні методи оцінки економічної ефективності енергетичних проєктів не повною мірою враховують специфіку функціонування альтернативних джерел енергії в умовах воєнного стану та цілеспрямованого енергетичного терору. Доведено, що в сучасних умовах критерій суто фінансової прибутковості має бути доповнений метриками фізичної виживаності та автономності генеруючих потужностей. Запропонований авторський методичний інструментарій, що базується на

розрахунку інтегрального показника стратегічної стійкості та ефективності диверсифікації (I_{SRED}), дозволяє здійснити комплексний аналіз проєктів через призму шести послідовних етапів. Ключовою особливістю підходу є інтеграція показника чистої теперішньої вартості, коригованої на воєнний ризик (NPV_{risk}), соціально-економічного ефекту від уникнення збитків (E_{ff}) та коефіцієнта адаптивної стійкості (K_{res}). Розроблений алгоритм та відповідна шкала інтерпретації значень I_{SRED} забезпечують науково обґрунтований підхід до прийняття стратегічних рішень. Це дозволяє ідентифікувати проєкти, які, попри низьку комерційну рентабельність, мають критичне значення для енергетичної безпеки регіону та потребують державної підтримки. Застосування даного інструментарію зміщує парадигму інвестування з короткострокового прибутку на довгострокову національну енергетичну стійкість.

Висновки до розділу 1

1. У результаті дослідження концепції диверсифікації енергоресурсів встановлено, що в умовах воєнного стану вона трансформувалася з інструменту екологічної політики у фундаментальний механізм забезпечення економічної стійкості локальних систем. Обґрунтовано, що перехід від централізованої моделі до децентралізованої архітектури енергозабезпечення дозволяє територіальним громадам мінімізувати ризики від цілеспрямованого нищення критичної інфраструктури та забезпечити автономне функціонування об’єктів соціальної сфери. Доведено, що енергетична стійкість у сучасному контексті визначається здатністю локальних систем до адаптивного управління ресурсами та швидкого відновлення власної генерації в умовах високої турбулентності зовнішнього середовища.

2. Аналіз малої та середньої біопаливної генерації дозволив визначити її ключову роль у процесах децентралізації енергетики як найбільш стабільного та прогнозованого джерела відновлюваної енергії для аграрних регіонів. Розроблена

класифікація біоенергетичних об’єктів підкреслює їхню здатність ефективно використовувати місцеву сировинну базу, що сприяє формуванню замкнених циклів виробництва та підвищує додану вартість локального бізнесу. Встановлено, що попри існуючі бар’єри у вигляді логістичних обмежень та дефіциту інвестицій, розвиток малих біогазових та біомасових установок є оптимальною стратегією для створення «опорних пунктів» енергетичної незалежності територіальних громад.

3. Розробка методичного інструментарію оцінки економічної ефективності альтернативної енергетики дозволила сформувати авторський підхід, що базується на інтегральному показнику стратегічної стійкості I_{SRED}. Доведено, що в умовах воєнних загроз традиційні фінансові показники мають доповнюватися метриками соціально-економічного виживання, такими як вартість запобігання збиткам від блекаутів та рівень паливної автономності об’єктів. Запропонований алгоритм комплексного оцінювання забезпечує наукове обґрунтування доцільності впровадження децентралізованих енергетичних проєктів, зміщуючи пріоритети з короткострокової комерційної окупності на довгострокову стратегічну безпеку держави.

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [22, 41, 78].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Микитин О.З. Стратегічні проблеми диверсифікування в енергетичному секторі економіки України та перспективи їх вирішення в умовах євроінтегрування. *Економіка та суспільство.* 2021. Випуск 32. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/download/740/712/ DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-1

2. Левченко С.А. Децентралізація системи електропостачання та її вплив на економічну безпеку енергетичних компаній. *Сталий розвиток економіки.* 2023. № 1 (46). С. 84-91. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-46-11

3. Атаманенко А., Піддубний В. Вплив російсько-української війни на енергетичну безпеку ЄС. *Acta de Historia & Politica: Saeculum XXI.* 2023. Special Issue. P. 35-47. DOI: https://doi.org/10.26693/ahpsxxi2023.si.035

4. Омельченко В., Чекунова С., Білявський М, Хитрик Т., Конеченков А., Міщенко М. та Доброволський Д. Декарбонізація української енергетики (економіки): вплив російської агресії, амбітні цілі та потенційні можливості для України в післявоєнні роки. Київ : Razumkov centre, 2022. 186 с.

5. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2017. № 27-28. Ст. 312. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text

6. Дорош У.М. До визначення поняття децентралізації влади. *Ефективність державного управління.* 2017. Вип. 3 (52). С. 130–137. URL: https://epa.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/278

7. Кудря С.О. Стан та перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Вісник НАН України.* 2015. № 12. С. 19-26. URL: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/Visn_12_2015_6.pdf

8. Стогній Б.С., Кириленко А.В., Праховник А.В., Денисюк С.П.. Еволюція інтелектуальних електроенергетичних систем. *Технічна електродинаміка.* 2012. № 5. С. 52–67. URL: https://nasplib.isofts.kiev.ua/server/api/core/bitstreams/5054c976-7fbc-425a-809c-e9d6b87c5d63/content

9. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування : аналіт. доп. / [Суходоля О.М., Харазішвілі Ю.М., Бобро Д.Г., Сменковський А.Ю., Рябцев Г.Л., Завгородня С.П.] ; за заг. ред. О.М. Суходолі. Київ : НІСД, 2020. 178 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-12/sukhodolia_energy_security_sayt-1.pdf

10. Лутковська С. М., Зеленчук Н. В. Розвиток біоенергетики в Україні – енергетична та економічна безпека в умовах сталого розвитку. *Ефективна економіка*. 2021. № 12. С. 1–7. DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105-2021.12.2

11. Гончарук І. В. Виробництво біогазу в аграрному секторі – шлях до підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів. *Агросвіт.* 2020. № 15. С. 18-29. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.15.18.

12. Вовк В. Ю. Економічна ефективність використання безвідходних технологій в АПК. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики.* 2020. № 4 (54). С. 186-206. DOI: https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-4-13.

13. Мазур К. В., Гонтарук Я. В. Перспективи розвитку виробництва біопалива в особистих селянських господарствах. *Підприємництво та інновації.* 2022. Випуск 23. С. 32-36. DOI: https://doi.org/10.37320/2415-3583/23.6

14. Гонтарук Я. В., Ясінська Б. О. Оцінка біоенергетичного потенціалу Ілінецької територіальної громади. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2023. № 8(08). С. 242-247. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120

15. Офіційний сайт Міністерства енергетики США. URL: https://www.energy.gov/ (дата звернення: 15.10.2025)

16. Офіційний сайт Європейської економічної комісії ООН. URL: https://unece.org/ (дата звернення: 15.10.2025)

17. Розпорядження Кабінету Міністрів України No 907-р від 4 серпня 2021 року «Стратегія енергетичної безпеки». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/907-2021-%D1%80#Text (дата звернення: 15.10.2025)

18. Офіційний сайт НЕК «Укренерго». URL: https://ua.energy/ (дата звернення: 15.10.2025)

19. Офіційний сайт Enel North America. URL: https://www.enelnorthamerica.com/ (дата звернення: 15.10.2025)

20. Кичигін А.М. 2025. Стійкість підприємства як компонент конкурентоспроможного потенціалу в умовах нестабільності в Україні. *Економіка і організація управління*. 2025. № 2 (58). С. 156-161. DOI: https://doi.org/10.31558/2307-2318.2025.2.15

21. Дугінець Г.В., Таран М.В Енергетична стійкість європейських країн: досвід для України. *Економіка та суспільство.* 2024. Випуск 65. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-118

22. Лутковська С.М., Довгань П.О. Сутність та роль децентралізації енерговиробництва у забезпеченні економічної та енергетичної безпеки територіальних громад. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2025. Випуск 6 (21). С. 145-150. DOI: https://doi.org/10.32782/dees.21-21

23. Фонд енергоефективності та програми державної підтримки енергосервісних компаній. URL: https://eefund.org.ua/ (дата звернення 20.12.2025 р.).

24. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3) : February 2023 – December 2023 / World Bank ; Government of Ukraine ; European Union ; United Nations. Washington, DC: World Bank, 2024. 192 p. URL: http://hdl.handle.net/10986/41097. (дата звернення: 29.12.2025).

25. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей / НЕК «Укренерго». Київ, 2024. 84 с. URL: https://ua.energy/zvity-z-otsinky-vidpovidnosti. (дата звернення: 29.12.2025).

26. Russia Will Pay: Report on damages to Ukraine's infrastructure caused by Russia's invasion / Kyiv School of Economics. Kyiv : KSE Institute, 2024. URL: https://kse.ua/russia-will-pay/ (дата звернення: 29.12.2025).

27. Суходоля О. М. Стійкість енергетичної системи як об’єкт державного управління в умовах воєнного стану: аналітична записка. Київ: НІСД, 2023. 24 с.

28. World Energy Outlook 2023 / International Energy Agency. Paris: IEA Publications, 2023. 524 p.

29. Renewable Power Generation Costs in 2023 / International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi : IRENA, 2024. 110 p.

30. Фурман І.В., Ксенчин Д.О., Яровий І.К. Механізми стимулювання розвитку виробництва біопалив в Україні. *Цифрова економіка та економічна безпека.* 2025. Випуск 5 (20). С. 37-44. DOI: https://doi.org/10.32782/dees.20-6

31. Koval V., Atstaja D., Filipishyna L., Udovychenko V., Kryshtal H., Gontaruk Y. Sustainability Assessment and Resource Utilization of Agro-Processing Waste in Biogas Energy Production. *Climate.* 2025. Vol. 13, Issue 5. DOI: https://doi.org/10.3390/cli13050099

32. Гонтарук Я.В., Бєлкін І.В., Трапаідзе С.М. Формування моделі взаємодії енергокооперативів з комерційними посередницькими підприємствами в сфері реалізації біопалива. *Науковий погляд: економіка та управління.* 2022. № 3 (79). С. 22-28 DOI: https://doi.org/10.32782/2521-666X/2022-79-3

33. Koval V., Perović N., Rasovic I., Božović D. Gontaruk Y. Biofuel Production Assessment of Crop Rotation Systems and Organic Residues in Agricultural Management. *Agriculture.* 2025. 15(22). 2316. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture15222316

34. Ляшенко В. І., Бородіна О. А. Енергетична децентралізація як шлях до енергетичної безпеки: досвід Польщі для українських громад. *Вісник економічної науки України.* 2024. № 2 (47). С. 22–34. DOI: https://doi.org/10.37405/1729-7206.2024.2(47).22-34

35. Талавиря М.П., Барановська О.Д., Добрівська М.В. та ін. Розвиток та застосування різних видів біоенергетики. Монографія. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2012. 180 с.

36. Маляренко О.Є. Тенденції заміщення викопного палива альтернативними видами та відновлюваними джерелами енергії в Україні. *Вісник Херсонського національного технічного університету.* 2025. № 3 (94). Том 1. С. 183-192. DOI: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.3.1.22

37. Тітов Д.В., Охота Ю.В., Чіков І.А., Доцюк С.О. Стратегічні напрямки забезпечення стабільного функціонування підприємств АПК і сільських територій з урахуванням цілей повоєнного відновлення. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*. 2025. № 348 (6). С. 441-449. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2025-348-6-63

38. Охота Ю.В. Система індикаторів ефективності функціонування підприємств АПК і розвитку сільських територій задля визначення результативності поточних стратегій. *Бізнес Інформ.* 2024. № 7. С. 272-281. DOI: https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-7-272-281

39. Okhota Yu., Titov D., Dotsiuk S. Mechanisms for ensuring the economic development of rural areas through the formation of their energy dependence based on the intensification of biofuel production. *Baltic Journal of Economic Studies.* 2024. No. 10 (5). P. 282-292. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2024-10-5-282-292

40. Білокінна І.Д., Охота Ю.В., Чіков І.А. Міжнародний та вітчизняний досвід забезпечення енергонезалежності сільських територій. *Вісник Хмельницького національного університету*. *Серія: Економічні науки.* 2024. Том 336. № 6. С. 552-558. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-336-82

41. Довгань П. О. Тенденції та бар'єри розвитку малих біопаливних об'єктів у поточному інвестиційному кліматі України. Актуальні проблеми економіки, обліку, управління і права в сучасних умовах: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 8 січня 2026 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2026. С. 17-20. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-08.01.2026.003

42. Мазур К.В., Гонтарук Я.В. Перспективи виробництва біогазу з відходів підприємств та домогосподарств на полігонах твердих побутових відходів. *Східна Європа: економіка, бізнес та управління.* 2022. Випуск 2 (35). С. 63–71. DOI: https://doi.org/10.32782/easterneurope.35-9

43. Фурман І.В., Ксенчин Д.О. Управління виробництвом біогазу з відходів підприємств АПК та домогосподарств. *Економіка та суспільство.* 2024. Випуск 59. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-44

44. Фурман І. В., Дмитрик О. В., Лисогор І. О. Стратегічні напрями

розвитку біоенергетичного потенціалу Іллінецької територіальної громади. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка.* 2023. Випуск 15. С. 134–143. DOI: https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.15.16

45. Калетнік Г.М., Гончарук І.В. Економічні розрахунки потенціалу виробництва відновлювальної біоенергії у формуванні енергетичної незалежності агропромислового комплексу. *Економіка АПК.* 2020. № 9. С. 6–16. DOI: https://doi.org/10.32317/2221-1055.202009006

46. Pryshliak N. Biogas production in individual biogas digesters: experience of India and prospects for Ukraine. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal.* 2019. Vol. 5, no. 1. P. 122–136. DOI: https://doi.org/10.51599/are.2019.05.01.08

47. Kusz D., Nowakowski T., Kusz B. The Capacity of Power of Biogas Plants and Their Technical Efficiency: A Case Study of Poland. *Energies*. 2024. Vol. 17, no. 24. Art. 6256. DOI: https://doi.org/10.3390/en17246256

48. Przybył J., Wojcieszak D., Garbowski T. Effect of Corn Stover Ensiling on Methane Production and Carbon Dioxide Emissions. *Energies*. 2024. Vol. 17, no. 23. Art. 6179. DOI: https://doi.org/10.3390/en17236179

49. Hontaruk Ya., Furman I., Bondarenko V., Riabchyk A., Nepochatenko O. Production of biogas and digestate at sugar factories as a way of ensuring the energy and food security of Ukraine. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2024. Vol. 27, iss. 2. P. 195–210. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/185210

50. Heck R., Rudi A., Lauth D., Schultmann F. An Estimation of Biomass Potential and Location Optimization for Integrated Biorefineries in Germany: A Combined Approach of GIS and Mathematical Modeling. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 16. Art. 6781. DOI: https://doi.org/10.3390/su16166781

51. Qian S., Chen L., Xu S., Zeng C., Lian X., Xia Z., Zou J. Research on Methane-Rich Biogas Production Technology by Anaerobic Digestion Under Carbon Neutrality: A Review. *Sustainability*. 2025. Vol. 17, no. 4. Art. 1425. DOI: https://doi.org/10.3390/su17041425

52. Tian J., Culley S., Maier H. R., Zecchin A. C., Hopeward J. Diagnostic Approach and Tool for Assessing and Increasing the Sustainability of Renewable Energy Projects. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 24. Art. 10871. DOI: https://doi.org/10.3390/su162410871

53. Roa I. D., Henriquez J. R., Dutra E. D., Menezes R. S. C., Andrade M. M. M., Santos Junior E. P., Rocha L. C. S., Rotella Junior P. Economic Feasibility of Biogas Microgeneration from Food Waste: Potential for Sustainable Energy in Northeastern Brazil. *Sustainability*. 2024. Vol. 16, no. 23. Art. 10238. DOI: https://doi.org/10.3390/su162310238

54. Koval V., Atstāja D., Shmygol N., Udovychenko V., Hrinchenko H., Tsimoshynska O. Strategic Management and Security Risk Assessment of Energy Systems. *Urban Science*. 2025. Vol. 9, no. 2. Art. 48. DOI: https://doi.org/10.3390/urbansci9020048

55. Wurster L., Koval V. Evaluating Waste Heat Recovery Potentials and Key Performance Indicators in Energy-Intensive Sectors. *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*. Springer, Cham, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-72174-8_3

56. Atstaja D., Cudecka-Purina N., Koval V., Kuzmina J., Butkevics J., Hrinchenko H. Waste-to-Energy in the Circular Economy Transition and Development of Resource-Efficient Business Models. *Energies*. 2024. Vol. 17, no. 16. Art. 4188. DOI: https://doi.org/10.3390/en17164188

57. Koval V., Mikhno I., Hajduga G., Gaska K. Economic efficiency of biogas generation from food product waste. *E3S Web of Conferences*. 2019. Vol. 100. Art. 00039. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000039

58. Ciuła J., Gaska K., Iljuczonek Ł., Generowicz A., Koval V. Energy efficiency economics of conversion of biogas from the fermentation of sewage sludge to biomethane as a fuel for automotive vehicles. *Architecture, Civil Engineering, Environment*. 2019. Vol. 12, no. 2. P. 131–140. DOI: https://doi.org/10.21307/acee-2019-029

59. Kurbatova T., Sotnyk I., Prokopenko O., Bashynska I., Pysmenna U.

Improving the Feed-in Tariff Policy for Renewable Energy Promotion in Ukraine's Households. *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 19. Art. 6773. DOI: https://doi.org/10.3390/en16196773

60. Sotnyk I., Sotnyk M., Kurbatova T., Prokopenko O., Telizhenko O. Shaping cost-optimal and environmentally friendly strategies for household heating systems: case of Ukraine. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2024. Vol. 27, iss. 3. P. 161–192. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/191811

61. Shmygol N., Galtsova O., Varlamova I. Developing a methodology to assess the environmental and economic performance index based on international research to resolve the economic and environmental problems of Ukraine. *Baltic Journal of Economic Studies*. 2018. Vol. 4, no. 4. P. 366–374. DOI: https://doi.org/10.30525/2256-0742/2018-4-4-366-374

62. Tepliuk M., Sahaidak M., Petrishyna T., Fokina-Mezentseva K., Fomenko B., Vasyliev I. Managing of responsible consumption and sustainable production enterprises in the glocalization conditions. *Acta Innovations*. 2023. No. 48. P. 75–91. DOI: https://doi.org/10.32933/ActaInnovations.48.6

63. Kovalskyi M., Duczmal W., Oleksiuk M., Skomorovskyi A., Berezivskyy Z. Renewable Energy Sources in The Context of Emissions Reduction: Geographical Aspects And Challenges for Sustainable Development. *African Journal of Applied Research*. 2024. Vol. 10, no. 1. P. 374–386. DOI: https://doi.org/10.26437/ajar.v10i1.709

64. Datsii O., Datsii N., Zborovska O., Ivashova L., Cherkashyna M., Ingram K. Financing of environmental programs for industrial waste management in times of crisis. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2021. No. 1. P. 130–136. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2021-1/130

65. Suleymanov G., Sheydai T., Abbasova N., Fokina-Mezentseva K., Bratus H., Mazur Yu. The role of the formation of the environmental management system in the improvement of international economic relations. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. No. 4. P. 118–123. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/118

66. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 р. № 2019-

VIII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19 (дата звернення: 06.01.2026).

67. Енергетична стратегія України на період до 2050 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 р. № 373-р.

68. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA3) : February 2023 – December 2023 / World Bank ; Government of Ukraine ; European Union ; United Nations. Washington, DC: World Bank, 2024. 192 p. URL: http://hdl.handle.net/10986/41097.

69. Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей / НЕК «Укренерго». Київ, 2024. 84 с. URL: https://ua.energy/zvity-z-otsinky-vidpovidnosti.

70. Russia Will Pay: Report on damages to Ukraine's infrastructure caused by Russia's invasion / Kyiv School of Economics. Kyiv : KSE Institute, 2024. URL: https://kse.ua/russia-will-pay/ (дата звернення: 06.01.2026).

71. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: підручник за ред. В. М. Гейця. Київ : Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2020. 350 с.

72. World Energy Outlook 2023 / International Energy Agency. Paris: IEA Publications, 2023. 524 p.

73. Renewable Power Generation Costs in 2023 / International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi : IRENA, 2024. 110 p.

74. Guidance on the estimation of Value of Lost Load (VoLL) / Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER). Ljubljana: ACER, 2020. 45 p.

75. Демурджан Ю.А. Методичний підхід до оцінки ефективності реалізації стратегії розвитку підприємств альтернативної енергетики. *Економіка та суспільство.* 2025. Випуск 76. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/6291/6234 DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-76-76

76. Токарчук Д.М., Фурман І.В. Сучасні енергоефективні технології в АПК України. *Економіка, фінанси, менеджмент актуальні питання науки і практики.* 2020. № 4 (54). С. 99–116. DOI: https://doi.org/10.37128/2411-4413-2020-

4-7

77. Лутковська С.М., Довгань П. О. Методичні підходи до оцінки економічної ефективності диверсифікації джерел енергії в умовах високої невизначеності та воєнних ризиків. *Сталий розвиток економіки.* 2026. № 1 (58). С. 19-24. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-3

78. Романчук С. В. Методичні підходи до оцінки екологічної та економічної ефективності переробки відходів. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища.* 2015. Т. 5 (167). С. 321-327.

79. Лутковська С. М. Методичні підходи до оцінки процесів модернізації системи екологобезпечного сталого розвитку. *Наукові горизонти.* 2020. № 2. С. 111-118. DOI: https://doi.org/10.33249/2663-2144-2020-87-02-111-118 .

80. Зеленчук Н. В. Методичні підходи до визначення еколого-економічної ефективності виробництва біогазу на переробних підприємствах АПК України. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».* 2023. № 27. С. 5-8. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.27.2023.297212

РОЗДІЛ 2.
ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ ТА ВИКЛИКІВ РОЗВИТКУ БІОПАЛИВНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УКРАЇНІ

2.1. Оцінка вразливості централізованих енергосистем та економічні наслідки дефіциту енергоресурсів для місцевого розвитку

Сучасний стан енергетичного сектору України характеризується критичним рівнем вразливості централізованої моделі енергозабезпечення, яка історично будувалася як жорстка ієрархічна структура з високою концентрацією виробничих потужностей. Повномасштабна війна та систематичні атаки на об’єкти магістральної інфраструктури виявили фундаментальні слабкості такої системи: низьку адаптивність, залежність від вузьких вузлів розподілу та високу вразливість великих теплових і атомних станцій до фізичного пошкодження. Втрата контролю над Запорізькою АЕС та руйнація понад 60% маневрової теплової генерації (як це продемонструвала динаміка 2016–2024 років) перетворили енергетичну безпеку з абстрактного державного питання на критичний фактор виживання кожної окремої територіальної громади.

Економічна ціна цієї вразливості для місцевого розвитку є безпрецедентною. Дефіцит енергоресурсів перестає бути просто технічною перервою в постачанні, а стає бар’єром, що запускає ланцюгову реакцію негативних наслідків для регіональної економіки, а саме:

- вимушене скорочення робочих змін, витрати на дорогу генерацію від дизельних установок та псування продукції призводять до зниження конкурентоспроможності місцевих підприємств;
- високі енергетичні ризики роблять громади непривабливими для нових інвесторів, що консервує економічний розвиток на рівні «виживання»;
- необхідність екстреного фінансування критичної інфраструктури (лікарень, водоканалів) в умовах енергодефіциту вимиває кошти, які могли бути спрямовані на проєкти розвитку та капітальні інвестиції.

Таким чином, трансформація від централізованої до децентралізованої енергетичної моделі є не лише питанням безпеки, а й ключовою передумовою для відновлення економічної стійкості на рівні громад.

Аналіз представлених даних в таблиці 2.1 свідчить про глибоку структурну деградацію української енергосистеми, де загальний обсяг випуску електроенергії скоротився на 45277 млн кВт·год, що становить майже третину від показників 2016 року. Найбільш критичним фактором цього падіння стала втрата контролю над базовими потужностями атомної генерації, де відхилення у мінус 22 931 млн кВт·год безпосередньо пов’язане з окупацією та виведенням з енергобалансу Запорізької АЕС, яка до повномасштабного вторгнення забезпечувала основну стабільність мережі. Паралельно з цим теплова генерація зазнала безпрецедентного удару, скоротившись на 38293 млн кВт·год через систематичне нищення маневрових ТЕС та ТЕЦ ракетними ударами протягом 2024 року, а також через фізичну втрату вугільних станцій на сході країни та дефіцит палива.

Таблиця 2.1

Відпуск електроенергії млн кВТ·год в Україні в 2016-2024 рр.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Відхи-лення, +, -
Усього	147777	155414	148324	154141	137197	142355	113000	105800	102500	-45277
Атомні (АЕС)	75931	85308	79383	83003	71249	81016	60000	52409	53000	-22931
Теплові (ТЕС/ ТЕЦ)	61293	56473	54695	53306	49137	40970	35000	30000	23000	-38293
Гідро (ГЕС/ ГАЕС)	9004	10568	11826	7868	7415	10271	11000	12100	10500	1496
Зелені (ВДЕ)	1549	1893	2420	5542	9 396	10099	7000	7936	11000	9451
в т.ч. СЕС	408	715	1103	2932	5685	5954	4500	5500	6500	6092
в т.ч. ВЕС	949	970	1182	2 018	3271	3599	1800	1900	2500	1551

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

На фоні загального занепаду традиційних секторів єдиним стабільним сегментом залишилася гідроенергетика, яка навіть попри катастрофічне руйнування Каховської ГЕС змогла зберегти позитивну динаміку з приростом у 1 496 млн кВт·год завдяки інтенсивній роботі ГАЕС для балансування системи та

сприятливим природним умовам. Водночас сектор відновлюваних джерел енергії продемонстрував стрімке зростання на 9451 млн кВт·год, що стало результатом масштабних інвестицій у сонячну та вітрову генерацію як до війни, так і в період 2023–2024 років, коли бізнес та домогосподарства почали масово встановлювати автономні системи для виживання в умовах блекаутів. Зокрема, виробіток сонячних електростанцій зріс на вражаючі 6092 млн кВт·год, що наразі є ключовим інструментом децентралізації енергосистеми, хоча цей ріст лише частково компенсує втрату гігантських об’єктів централізованої моделі.

Таким чином, причини зниження виробництва носять комбінований характер: вони поєднують прямі воєнні втрати та руйнацію інфраструктури з вимушеною зміною енергетичного ландшафту, де дефіцит традиційної енергії стимулює примусовий перехід до розосереджених «зелених» джерел.

Аналіз структури виробництва та втрат електроенергії в Україні за період 2016–2024 років, представлений на рисунку 2.1, свідчить про глибоку трансформацію енергосистеми, що пройшла шлях від відносної стабільності до кризового стану, зумовленого воєнними діями. У період з 2016 по 2019 рік система демонструвала стабільність, де при загальному випуску на рівні 147–155 млрд кВт·год обсяг втрат у мережах утримувався в межах 10,0–10,5 млрд кВт·год, що складало від 6,5% до 6,8% від загального виробництва. Починаючи з 2020 року, спостерігалося поступове зростання питомої ваги втрат до 7,7%, що було спричинено зміною структури генерації та необхідністю складнішого балансування мереж, при цьому абсолютний показник втрат у 2021 році досяг свого максимуму у 10597,2 млн кВт·год.

Різкий злам динаміки відбувся у 2022–2024 роках, коли внаслідок масштабних руйнувань інфраструктури та окупації й руйнування ключових генеруючих об’єктів загальний випуск електроенергії скоротився до історичного мінімуму – 102 500 млн кВт·год. Хоча фізичний обсяг втрат у 2024 році знизився до 7 852,7 млн кВт·год, це не є показником підвищення енергоефективності, оскільки відносна частка втрат залишилася на високому рівні 7,7%, що відображає роботу пошкодженої магістральної мережі в екстремальних умовах та

використання довших маршрутів передачі енергії. Таким чином, загальне падіння показників випуску на 30,6% та відповідне зменшення абсолютних втрат є прямим наслідком вимушеного скорочення масштабів всієї енергетичної системи України під впливом зовнішніх факторів.

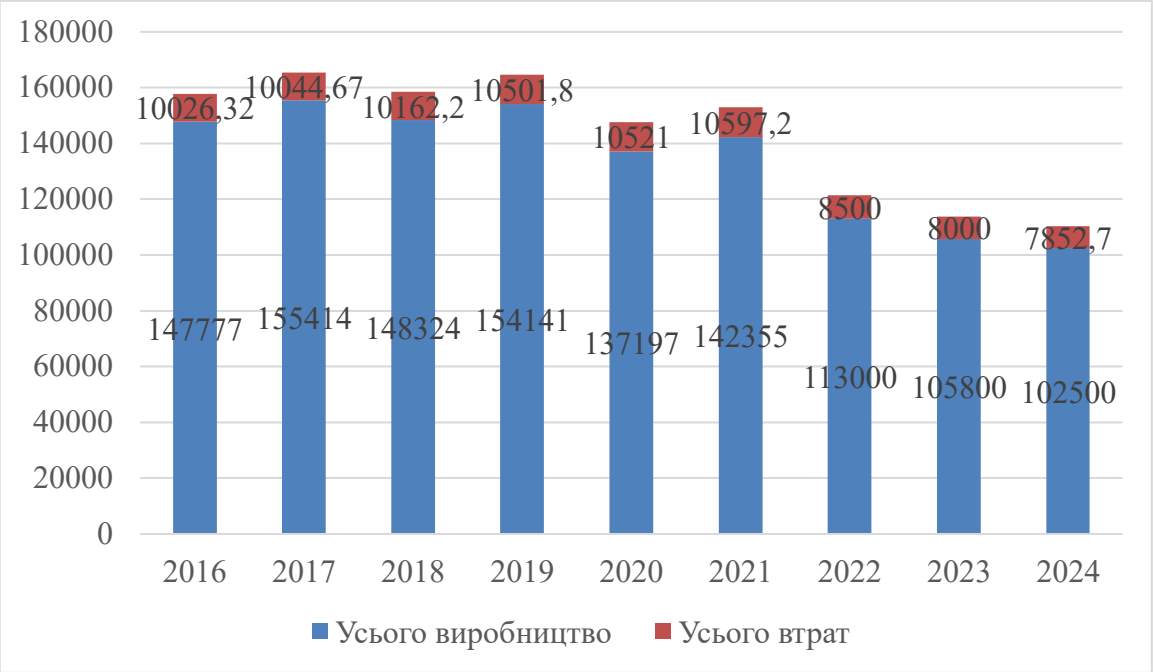

Рисунок 2.1 – **Обсяг втрат електроенергії в структурі виробництва млн кВТ/год в Україні в 2016-2024 рр., млн кВт·год**

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Аналіз представлених даних свідчить про критичну деградацію централізованої моделі енергозабезпечення України, де загальне скорочення виробітку на 30,6% супроводжується небезпечним дисбалансом між базовою та маневровою генерацією. Найбільш вразливою ланкою виявився тепловий сектор, який через руйнацію потужностей скоротився на 62,5%, що фактично позбавило систему можливості оперативно реагувати на пікові навантаження вранці та ввечері. Втрата 22,9 млрд кВт·год атомної генерації внаслідок окупації Запорізької АЕС змусила енергосистему працювати в режимі постійного дефіциту, що робить кожну наступну атаку на мережі передачі електроенергії все більш відчутною для кінцевого споживача.

Економічні наслідки такого дефіциту для місцевого розвитку проявляються у вимушеному переході бізнесу на альтернативні, значно дорожчі джерела

живлення, що автоматично знижує конкурентоспроможність місцевого виробництва та обмежує податкові надходження до громад. Попри те, що абсолютні втрати в мережах у 2024 році впали до історичного мінімуму в 7852,7 млн кВт·год, їхня стабільно висока частка у 7,7% від випуску вказує на технологічну зношеність та фізичні пошкодження інфраструктури, що потребує величезних капітальних інвестицій для відновлення. Стрімке зростання частки ВДЕ до 16 000 млн кВт·год у 2024 році є позитивним сигналом децентралізації, проте воно поки не здатне повністю компенсувати втрати великих станцій, що зумовлює необхідність подальшої адаптації громад до умов енергетичної автономності та розвитку локальних мікромереж.

В таблиці 2.2 нами проведений аналіз обсягів використаної електроенергії в Україні протягом 2016–2024 років, фіксуючи критичне падіння загального споживання на 28306 млн кВт·год. Основним чинником такої динаміки стало скорочення використання енергії на виробництво продукції, яке зменшилося з 63 354 млн кВт·год у 2016 році до 34751 млн кВт·год у 2024 році, що відображає масштабну зупинку промислових потужностей та рецесію в реальному секторі економіки через воєнні дії.

Таблиця 2.2

Обсяг використаної електроенергії млн кВТ·год в Україні в 2016-2024 рр.

Показник	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +, -
Усього	80496	85588	90020	86795	83981	83215	60200	54800	52190	-28306
Виробництво продукції	63354	61147	61999	60819	57806	58801	42000	37500	34751	-28603
Власні потреби підприємств	12885	12837	12756	12588	12006	11886	10100	9200	7424	-5461
Витрати ГАЕС (на заряд)	2201	2167	2146	1835	2167	2146	1950	2050	1835	-366
Системи охолодження	423	444	484	516	542	550	530	515	509	86

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Паралельно з цим суттєво скоротилися витрати на власні потреби енергогенеруючих підприємств, що втратили 5461 млн кВт·год свого обсягу

внаслідок виведення з ладу або окупації значної частини електростанцій.

Витрати гідроакумулюючих станцій на заряд також продемонстрували тенденцію до зниження, досягнувши показника 1835 млн кВт·год у 2024 році, що корелює із загальним дефіцитом маневрових потужностей у системі. Єдиним показником, що продемонстрував незначне зростання у порівнянні з 2016 роком, стали витрати електроенергії в системах охолодження, які збільшилися на 86 млн кВт/год, хоча й вони демонструють певну стабілізацію з тенденцією до зниження після 2021 року.

Загалом можна констатувати змушене звуження енергетичного балансу країни, за якого станом на 2024 рік загальне використання енергії складає лише близько 65% рівня 2016 року.

Проведений нами аналіз динаміки установленої електричної потужності України за період 2016–2024 років (табл. 2.3) свідчить про глибоку деградацію традиційної генерації на тлі воєнних руйнувань та окупації, що призвело до загального скорочення потужності системи на 18 781 тис. кВт. Найбільших втрат зазнав сектор теплових електростанцій, де потужність обвалилася на 19 989 тис. кВт, що становить майже 73% від рівня 2016 року, через масовані ракетні атаки та втрату контролю над низкою великих станцій на сході та півдні країни. Атомна енергетика продемонструвала номінальну стабільність до 2021 року, проте з 2022 року зафіксовано різке падіння на 6 000 тис. кВт, що безпосередньо пов'язано з виведенням з енергосистеми тимчасово окупованої Запорізької АЕС. Показники гідроенергетики та теплоелектроцентралей також демонструють негативну динаміку з сумарним відхиленням у 2441 тис. кВт, зокрема через фізичне руйнування Каховської ГЕС та пошкодження інфраструктури ТЕЦ у великих містах.

Натомість відновлювана енергетика виявилася найбільш адаптивним сегментом, де сонячні електростанції показали вражаючий приріст на 6 876 тис. кВт порівняно з 2016 роком, ставши ключовим елементом децентралізації системи у 2023–2024 роках. Сектор вітрової генерації, попри тимчасове падіння через окупацію вітропарків у Приазов’ї, станом на 2024 рік демонструє поступове

відновлення та загальне зростання на 463 тис. кВт відносно базисного періоду. Таким чином, сучасна структура потужностей відображає примусовий перехід від домінування великих теплових вузлів до збільшення частки розосереджених «зелених» джерел, що є стратегічно важливим для підвищення живучості енергосистеми в умовах постійних загроз.

Таблиця 2.3

Установлена електрична потужність на кінець року в Україні, тис. кВт в 2016-2024 рр.

Типи генеруючих підприємств	2016	2018	2020	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +, -
Усього	54181	51308	55138	54305	41500	38200	35400	-18781
Теплові електростанції (ТЕС)	27489	23907	22311	21129	18000	14000	7500	-19989
Атомні електростанції (АЕС)	13835	13835	13835	13835	7835	7835	7835	-6000
Гідро (ГЕС та ГАЕС)	6167	6242	6335	6365	6300	5800	5500	-667
Теплоелектроцентралі (ТЕЦ)	5574	5479	5090	5051	4800	4200	3800	-1774
Сонячні електростанції (СЕС)	324	1201	5194	5442	4500	5600	7200	6876
Вітрові електростанції (ВЕС)	387	476	1110	1438	500	600	850	463

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Аналіз динаміки відпуску теплоенергії в Україні за період 2016–2024 років, представлений у таблиці 2.4, свідчить про суттєве скорочення загальних обсягів виробництва, яке зменшилося на 36 656 тис. Гкал, що свідчить про системну кризу в секторі централізованого теплопостачання, зумовлену воєнними руйнуваннями та депопуляційними процесами. Найбільше абсолютне падіння продемонстрували теплоцентралі (котельні) та теплоелектроцентралі, сукупний відпуск яких скоротився на 35523 тис. Гкал, що зумовлено пошкодженням магістральних мереж у великих містах та втратою контролю над низкою генеруючих об'єктів у прифронтових регіонах. Сектор теплових електростанцій зазнав критичного зниження відпуску тепла на 71,7%, досягнувши у 2024 році мінімального показника у 480 тис. Гкал, тоді як атомні електростанції продемонстрували вищу стійкість, скоротивши відпуск лише на 414 тис. Гкал, попри складні умови експлуатації в

умовах енергодефіциту. Єдиною категорією, що показала позитивне відхилення у 1 237 тис. Гкал порівняно з 2016 роком, стали утилізаційні установки, що підкреслює їхню роль у частковому заміщенні традиційних джерел енергії.

Таблиця 2.4

Відпуск теплоенергії в Україні за типами підприємств (2016–2024 рр.), тис. Гкал

Типи генеруючих підприємств	2016	2017	2018	2020	2021	2022	2023	2024	Відхи-лення, +, -
Усього	98956	93293	97794	88954	91915	71000	65500	62300	-36656
Теплоцентралі (котельні)	60194	55837	59262	52954	54032	42000	39500	38150	-22044
Теплоелектроцентралі (ТЕЦ)	29879	29093	25089	25517	26889	21000	18200	16400	-13479
Утилізаційні установки	4383	4357	5336	7087	7331	5800	5500	5620	1237
Атомні електростанції	1514	1512	1542	1387	1557	1200	1100	1100	-414
Теплові електростанції (ТЕС)	1699	1475	1517	1125	1258	800	650	480	-1219
Інші установки	1287	1020	1049	883	849	200	550	550	-737

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Загальна тенденція вказує на прискорену деградацію великих централізованих вузлів теплопостачання та вимушений перехід системи до фрагментарної моделі функціонування, де станом на 2024 рік загальний випуск енергії складає лише близько 63% від рівня довоєнного періоду.

Аналіз даних таблиці 2.5 свідчить про глибоку дестабілізацію енергетичного балансу України протягом 2016–2024 років, що характеризується стрімким скороченням обсягів відпуску теплоенергії на тлі поступового погіршення технічної ефективності мереж. Загальний обсяг відпущеної теплової енергії скоротився з 98 956,0 тис. Гкал у 2016 році до 62 300,0 тис. Гкал у 2024 році, що відображає масштабне падіння попиту через руйнування промисловості, міграційні процеси та фізичне зниження потужностей теплогенеруючих підприємств. Хоча абсолютний показник втрат у 2024 році досяг мінімуму за весь період і склав 7 572,0 тис. Гкал, це зниження обсягів пояснюється, виключно зменшенням

загального навантаження на систему, а не її модернізацією.

Таблиця 2.5

Динаміка відпуску та втрат теплоенергії в Україні (2016–2024 рр.), тис. Гкал

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +,-
Відпуск теплоенергії	98956	93293	97794	91008	88954	91915	71000	65500	62300	-36656
Усього втрат	10170	9436	10571	10006	10284	10868	8450	7900	7572	-2598
Частка втрат у відпуску	10,3	10,1	10,8	11,0	11,6	11,8	11,9	12,1	12,2	+1,9

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Найбільш тривожною тенденцією є неперервне зростання частки втрат відносно обсягу відпуску, яка збільшилася з 10,1% у 2017 році до рекордних 12,2% у 2024 році. Таке зростання питомої ваги технологічних втрат свідчить про критичний стан магістральних мереж, де через зменшення кількості активних споживачів та пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій ефективність транспортування енергії суттєво знизилася. Отже, представлена динаміка підтверджує системну кризу централізованого теплопостачання, де попри скорочення абсолютних обсягів виробництва, енергосистема стає дедалі вразливішою та менш економічно доцільною у її нинішньому технічному стані.

Аналіз даних таблиці 2.6 демонструє суттєву рецесію у споживанні теплової енергії в Україні протягом 2016–2024 років, що виражається у загальному скороченні обсягів використання на 19182 тис. Гкал. Головним чинником цієї негативної динаміки стало масштабне падіння споживання у секторі виробництва продукції та виконання робіт, де показники знизилися з 45730 тис. Гкал до 26844 тис. Гкал, що свідчить про глибоку деіндустріалізацію та вимушену зупинку багатьох промислових підприємств внаслідок воєнних дій. Паралельно з цим

зафіксовано значне зменшення витрат тепла на власні потреби енергогенеруючих підприємств, які після періоду відносного зростання до 2020 року скоротилися до 5 892 тис. Гкал у 2024 році, що безпосередньо пов'язано із загальним виведенням з ладу генеруючих потужностей та втратою контролю над низкою великих енергетичних об'єктів.

Таблиця 2.6

Обсяг використаної теплоенергії в Україні, тис. Гкал (2016–2024 рр.)

Показник	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2024	Відхилення, +, -
Усього	53877	58928	60109	57860	56502	55935	34695	-19182
Виробництво продукції (виконання робіт)	45730	44280	44762	42997	41882	41332	26844	-18886
Власні потреби енергогенеруючих підприємств	9794	10462	10731	11534	11557	11375	5892	-3902

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

Загалом представлена статистика ілюструє критичне стиснення внутрішнього ринку теплоенергії, де станом на 2024 рік сумарне використання складає лише близько 64% від рівня 2016 року, підкреслюючи вразливість енергетичної системи та необхідність її докорінної трансформації.

Аналіз даних таблиці 2.7 свідчить про масштабну деградацію технічного потенціалу теплогенеруючої інфраструктури України протягом 2016–2024 років, що виражається у критичному скороченні сумарної установленої потужності на 65 431 Гкал/год.

Найбільш вагомий негативний внесок у цю динаміку спричинив сектор теплоцентралей (котелень), де потужність зменшилася майже вдвічі — на 42 518 Гкал/год, а також сегмент теплоелектроцентралей, який втратив 15831 Гкал/год своєї спроможності, що є прямим наслідком фізичного руйнування об’єктів та втрати контролю над потужностями в окупованих регіонах.

Особливо стрімке падіння зафіксовано у секторі теплових електростанцій, установлена теплова потужність яких у 2024 році склала лише 1 150 Гкал/год проти 5 130 Гкал/год у 2016 році, що підтверджує цілеспрямоване виведення з ладу

маневрової генерації.

Зниження потужності атомних електростанцій на 496 Гкал/год та утилізаційних установок на 3104 Гкал/год додатково підкреслює загальносистемне звуження енергетичного потенціалу країни. На фоні цих процесів єдиним сегментом, що продемонстрував позитивне відхилення у 498 Гкал/год, стали «інші установки», що вказує на початок процесів децентралізації та впровадження альтернативних локальних джерел тепла.

Таблиця 2.7

Установлена теплова потужність на кінець року в Україні, Гкал/год (2016–2024 рр.)

Типи генеруючих підприємств	2016	2018	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +/-
Усього	133931	127207	109169	82500	74000	68500	-65431
Теплоцентралі (котельні)	85718	82147	66605	51000	46000	43200	-42518
Теплоелектроцентралі (ТЕЦ)	32331	30910	29661	21500	19000	16500	-15831
Теплові електростанції (ТЕС)	5130	5179	4200	3100	2200	1150	-3980
Утилізаційні установки	6404	4345	4269	3500	3450	3300	-3104
Атомні електростанції	2596	2596	2596	2100	2100	2100	-496
Інші установки	1752	2030	1830	1300	1250	2250	498

Джерело: систематизовано автором на основі [1-2]

У підсумку, представлена статистика відображає примусову трансформацію енергосистеми, де станом на 2024 рік Україна володіє лише близько 51% від того обсягу установленої теплової потужності, що був наявний у 2016 році, що вимагає негайного перегляду стратегій енергетичної безпеки та відбудови галузі на нових технологічних засадах.

Комплексний аналіз показників електро- та теплоенергетики свідчить про глибоку структурну трансформацію енергетичного сектору України, спричинену поєднанням тривалих економічних чинників та катастрофічного впливу повномасштабної війни. Протягом звітного періоду зафіксовано критичне скорочення встановленої електричної потужності на 18781 тис. кВт та теплової потужності на 65431 Гкал/год, що призвело до втрати майже половини потенціалу системи порівняно з 2016 роком. Найбільш вразливим сегментом виявилася велика

теплова генерація (ТЕС та ТЕЦ), обсяги випуску якої стрімко скорочувалися ще до 2021 року, а у 2024 році досягли історичного мінімуму через фізичне руйнування та тимчасову окупацію ключових об'єктів.

Динаміка споживання енергії демонструє суттєву рецесію в промисловому секторі: використання електроенергії на виробництво продукції впало на 28603 млн кВт·год, а теплової енергії — на 18886 тис. Гкал. Така тенденція відображає не лише загальне скорочення економічної активності, а й зміну структури енергобалансу, де на фоні деградації традиційних потужностей єдиним стабільним вектором зростання залишилася відновлювана енергетика, зокрема сонячні електростанції, потужність яких зросла на 6876 тис. кВт.

Окрему увагу привертає стан енергетичних мереж, де попри загальне зниження абсолютних обсягів втрат, їхня питома вага у структурі відпуску зросла до 12,2%. Це свідчить про зниження технічної ефективності та розбалансованість централізованих систем через зменшення кількості активних споживачів та пошкодження інфраструктури.

У підсумку, енергосистема України станом на 2024 рік проходить в режим вимушеної децентралізації та адаптивності. Подальша стратегія безпеки має базуватися не на відновленні застарілої радянської моделі великих монопольних вузлів, а на розбудові розосередженої генерації, модернізації розподільчих мереж та інтеграції відновлюваних джерел енергії для забезпечення живучості критичної інфраструктури громад.

Таким чином, ретроспективний аналіз показників 2016–2024 років підтверджує, що сучасна енергетична криза в Україні є не лише наслідком фізичного руйнування активів, а й результатом вичерпання життєздатності самої централізованої моделі в умовах зовнішніх шоків. Виявлені тенденції — від стрімкого падіння маневрової потужності ТЕС до критичного зростання питомих втрат у мережах — формують нову реальність для місцевого самоврядування, де енергетичний дефіцит стає ключовим деструктивним чинником регіональної економіки. Для цілісного розуміння взаємозв’язку між технічним занепадом галузі та спроможністю територій до виживання, результати дослідження вразливості та

їхні прямі наслідки для місцевого розвитку систематизовано у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Матриця вразливості централізованої енергосистеми та її вплив на розвиток територіальних громад

Фактор вразливості (технічний аспект)	Прояв дефіциту	Економічні наслідки для місцевого розвитку	Ризики для життєдіяльності громади
Висока концентрація генерації	Втрата ЗАЕС (-22,9 млрд кВт·год) та великих ТЕС (-19,9 ГВт потужності).	Припинення роботи великих промислових вузлів, падіння надходжень від ПДФО до місцевих бюджетів.	Повна енергозалежність громад від віддалених об'єктів; ризик «каскадного» блекауту.
Низька маневровість системи	Скорочення потужності ТЕС на 73% та ТЕЦ на 15,8 ГВт.	Зростання собівартості продукції через використання дизель-генерації (у 3-5 разів дорожче за мережу).	Неможливість покриття пікових навантажень, що обмежує розвиток малого та середнього бізнесу.
Зношеність та вразливість мереж	Зростання частки втрат у тепломережах до 12,2% та електромережах до 7,7%.	Вимивання обігових коштів комунальних підприємств на покриття втрат замість модернізації.	Технологічні аварії в опалювальний сезон; зниження якості надання послуг ЖКГ.
Централізоване теплопостачання	Падіння відпуску тепла від великих вузлів на 36,6 млн Гкал.	Зростання тарифів для населення через низьку ефективність напівпорожніх систем (недовантаження ТЕЦ).	Ризик соціального вибуху та примусове «замороження» житлових кварталів у разі атаки на ТЕЦ.
Залежність від викопного палива	Дефіцит вугілля та газу, зупинка ТЕС на сході країни.	Непрогнозованість місцевих бюджетів через коливання цін та лімітів на енергоносії.	Енергетична бідність населення; неспроможність громад фінансувати соціальну сферу.

Джерело: авторські дослідження

Аналіз матриці вразливості централізованої енергосистеми України та її впливу на територіальний розвиток підтверджує, що сучасна енергетична криза спричиняє глибокі деструктивні наслідки для місцевої економіки та соціальної стабільності громад. Висока концентрація генерації на великих об'єктах призвела до того, що втрата стратегічних потужностей, таких як ЗАЕС та ключові ТЕС, паралізувала роботу промислових вузлів і суттєво скоротила надходження до

місцевих бюджетів через падіння ПДФО. Низька маневровість системи в умовах дефіциту ТЕС та ТЕЦ змушує бізнес переходити на дорогу дизельну генерацію, що в кілька разів збільшує собівартість продукції та обмежує розвиток підприємництва. Ситуація ускладнюється критичним станом мереж, де зростання технологічних втрат вимиває обігові кошти комунальних підприємств, створюючи ризики масштабних аварій в опалювальний період.

Падіння відпуску тепла від великих централізованих вузлів провокує стрімке зростання тарифів для населення через низьку ефективність напівпорожніх систем, що в умовах потенційних атак створює загрозу примусового «замороження» житлових кварталів. Залежність від викопного палива та дефіцит енергоносіїв роблять місцеві бюджети непрогнозованими, поглиблюючи енергетичну бідність населення та позбавляючи громади можливості фінансувати соціальну сферу. У підсумку, представлена матриця демонструє, що збереження централізованої моделі в її поточному стані є ключовим бар'єром для життєдіяльності територій, що вимагає негайного переходу до стратегії децентралізації та підвищення локальної енергонезалежності.

Результати проведеного нами SWOT-аналізу, представлені у таблиці 2.9, свідчать про те, що енергетична стійкість територіальних громад України на сучасному етапі визначається балансом між накопиченим адаптаційним досвідом та критичним станом успадкованої інфраструктури. Сильні сторони громад, що базуються на високій готовності до автономного функціонування та значному прирості потужностей відновлюваної енергетики, створюють фундамент для трансформації системи, проте ці переваги нівелюються слабкими сторонами у вигляді технологічної деградації мереж та хронічного дефіциту інвестиційних ресурсів. Високий рівень втрат у централізованих системах та ієрархічна структура генерації роблять місцевий розвиток вразливим до зовнішніх шоків, що вимагає негайного використання можливостей щодо впровадження локальних мікромереж та систем накопичення енергії.

Перспективи залучення міжнародних грантів та розвиток моделі активного споживача відкривають шлях до екологічної відбудови, яка є єдиною

альтернативою загрозам остаточної руйнації маневрової генерації та збільшення дефіциту енергоносіїв для населення. Якщо громади не зможуть реалізувати свій потенціал децентралізації, ризики депопуляції територій та зниження рентабельності місцевого бізнесу через високу собівартість енергії стануть невідворотними. Таким чином, аналіз підтверджує, що стратегічний розвиток громад має базуватися на переході до гнучкої енергетичної архітектури, яка дозволить мінімізувати залежність від вразливих магістральних вузлів та забезпечити стабільні соціальні умови для мешканців в опалювальний період.

Таблиця 2.9

SWOT-аналіз енергетичної стійкості територіальних громад на основі даних 2016–2024 років

Сильні сторони	**Слабкі сторони**
Висока адаптивність громад до умов енергодефіциту та наявний досвід експлуатації автономних джерел живлення.	Критична залежність від централізованих мереж із високим рівнем технологічних втрат, що досягають 12,2%.
Суттєвий потенціал відновлюваних джерел енергії, підтверджений приростом потужності СЕС на 6876 тис. кВт.	Високий рівень фізичного та морального зношення обладнання котелень і ТЕЦ, збудованих за ієрархічним принципом.
Наявність законодавчих стимулів для розвитку малої генерації та механізмів самовиробництва електроенергії.	Обмеженість фінансових ресурсів місцевих бюджетів для проведення масштабної термомодернізації та реконструкції.
Можливості	**Загрози**
Формування локальних мікромереж (Microgrids) для забезпечення повної автономії об’єктів критичної інфраструктури.	Ризик остаточного виведення з ладу маневрових потужностей ТЕС через продовження систематичних атак.
Залучення міжнародної технічної допомоги та цільових грантів під проєкти екологічної та енергоефективної відбудови.	Зростання дефіциту енергії для населення та зниження рентабельності бізнесу через високу собівартість енергії.
Впровадження інноваційних систем накопичення енергії та перехід до моделі активного споживача (просьюмера).	Депопуляція територій через неспроможність забезпечити базові соціальні умови в опалювальний період.

Джерело: авторські дослідження

Комплексне дослідження енергетичного сектору України за 2016–2024 роки дозволяє стверджувати, що стратегічним пріоритетом державного та місцевого розвитку має стати форсована децентралізація енергосистеми через створення автономних енергетичних кластерів на базі територіальних громад. Це передбачає зміну підходів до планування інфраструктури, де замість капітального ремонту зношених магістральних мереж з рівнем втрат понад 12% кошти мають

спрямовуватися на встановлення когенераційних установок та розвиток систем накопичення енергії, що дозволить громадам функціонувати в режимі енергоострова. Оцінка вразливості та SWOT-аналіз чітко вказують на необхідність впровадження моделі просьюмеризму, де бізнес та домогосподарства стають активними учасниками ринку, що не лише нівелює ризики дефіциту потужності, а й створює нові економічні стимули для релокації підприємств у безпечніші та енергонезалежні регіони.

Отже, проведене дослідження дозволяє стверджувати, що сучасна енергетична криза в Україні остаточно детермінувала вичерпаність потенціалу ієрархічної моделі енергозабезпечення. У межах даного підпункту удосконалено систематизацію факторів вразливості централізованої енергосистеми, де вперше технічні дефіцити чітко корелюють із деструктивними наслідками для місцевого розвитку. Зокрема, виявлено та науково обґрунтовано такі взаємозв’язки:

Через високу концентрацію генерації втрата стратегічних об'єктів (ЗАЕС та великих ТЕС) призвела до паралізації промислових вузлів, що спричинило падіння надходжень від ПДФО до місцевих бюджетів.

Низька маневровість системи, зумовлена скороченням потужності ТЕС на 73%, дестабілізувала економіку громад через вимушений перехід бізнесу на альтернативну генерацію, вартість якої у 3–5 разів перевищує мережеві тарифи.

Критична зношеність мереж, що виражається у зростанні питомої ваги втрат до 12,2%, вимиває обігові кошти комунальних підприємств, створюючи прямі загрози життєдіяльності громад у формі технологічних аварій під час опалювального сезону.

Централізоване теплопостачання в умовах недовантаження систем стало чинником соціального ризику, де зниження ефективності ТЕЦ провокує зростання тарифів та загрожує «примусовим замороженням» житлових кварталів.

Паливна залежність за умов дефіциту вугілля та газу робить фінансове планування територій непрогнозованим, поглиблюючи енергетичну бідність населення та обмежуючи ресурси для соціального розвитку.

Таким чином, систематизація цих факторів підтверджує, що подальший

розвиток територіальних громад неможливий без докорінної трансформації енергетичної архітектури. Виявлені закономірності вказують на те, що перехід до децентралізованої моделі, заснованої на розосередженій генерації та локальних мікромережах (Microgrids), є єдиним шляхом до відновлення економічної стійкості та забезпечення безпеки життєдіяльності на місцевому рівні.

2.2. Аналіз ресурсного забезпечення та логістичних ланцюгів виробництва біопалив (твердих, рідких, газоподібних) на регіональному рівні

Ефективність впровадження малої та середньої біопаливної генерації в територіальних громадах безпосередньо залежить від стабільності та доступності ресурсної бази, а також від оптимізації процесів її переміщення від місця утворення до пункту енергетичної конверсії. В умовах воєнного стану, коли традиційні логістичні маршрути постачання викопних енергоносіїв є вразливими або зруйнованими, розвиток локальних ланцюгів доданої вартості на основі біомаси набуває стратегічного значення для забезпечення живучості критичної інфраструктури громад.

Аналіз ресурсного забезпечення на місцевому рівні потребує комплексного підходу, що передбачає оцінку теоретичного, технічного та економічного потенціалу біомаси (сільськогосподарських відходів, залишків лісового господарства та органічної фракції муніципальних відходів). При цьому ключовим фактором конкурентоспроможності біопалива виступає логістична складова, оскільки низька енергетична щільність сировини (особливо твердих пожнивних решток та сирої органіки для біогазу) обмежує економічно доцільний радіус транспортування.

Аналіз динаміки посівних площ за період з 2016 по 2024 рік свідчить про значні структурні трансформації в українському агросекторі, зумовлені як економічними чинниками, так і впливом повномасштабної війни (табл. 2.10).

Загальна площа під зерновими та зернобобовими культурами зазнала

суттєвого скорочення на 3185 тисяч гектарів, що є найбільш масштабним падінням серед усіх категорій.

Таблиця 2.10

Посівні площі сільськогосподарських культур в Україні, тис. га

Культури	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +,-
Зернові та зернобобові	14324	14605	14810	15292	15392	15995	12171	10985	11139	-3185
пшениця	6208	6362	6623	6643	6596	7096	5435	4665	4892	-1316
ячмінь	2901	2506	2471	2552	2395	2476	1775	1496	1401	-1500
кукурудза на зерно	4252	4477	4557	4987	5432	5522	4325	4113	4036	-216
Технічні культури	9064	9163	9262	9320	9224	9244	8292	8910	9376	312
соняшник	6088	5961	6057	5928	6457	6622	5293	5220	5020	-1068
ріпак і кольза	456	788	1037	1282	1127	1006	1186	1436	1251	795
цукровий буряк	291	311	280	221	220	227	184	250	254	-37
соя	1859	1989	1708	1579	1351	1311	1559	1842	2720	861

Джерело: систематизовано на основі [3]

Найбільші втрати зафіксовані у посівах пшениці та ячменю, які скоротилися на 1316 та 1500 тис. га відповідно, причому основний спад припав на період після 2021 року. Кукурудза на зерно продемонструвала відносну стабільність порівняно з іншими зерновими, хоча після пікового 2021 року її площі також почали поступово зменшуватися. На противагу зерновому сектору, технічні культури показали загальне зростання на 312 тис. га, що свідчить про переорієнтацію господарств на більш рентабельну продукцію.

Найбільш динамічний приріст продемонструвала соя, площі під якою збільшилися на 861 тис. га, досягнувши рекордного показника у 2,72 млн га у 2024 році. Посіви ріпаку та кользи також суттєво розширилися і збільшилися на 795 тис. га порівняно з рівнем 2016 року. Водночас соняшник, попри тривалий статус провідної технічної культури, за аналізований період втратив понад мільйон гектарів посівних площ. Цукровий буряк демонструє незначне скорочення, проте з 2022 року спостерігається тенденція до поступового відновлення інтересу до цієї культури. Таким чином, сучасна структура посівів характеризується вимушеним скороченням зернового клину та активним переходом аграріїв до вирощування

олійних культур, зокрема сої та ріпаку.

В той же час станом на 2025 рік в сільськогосподарському користуванні перебувало понад 28,5 млн га угідь, а загальна площа з тимчасово окупованими складає понад 32,4 млн га (рис. 2.2)

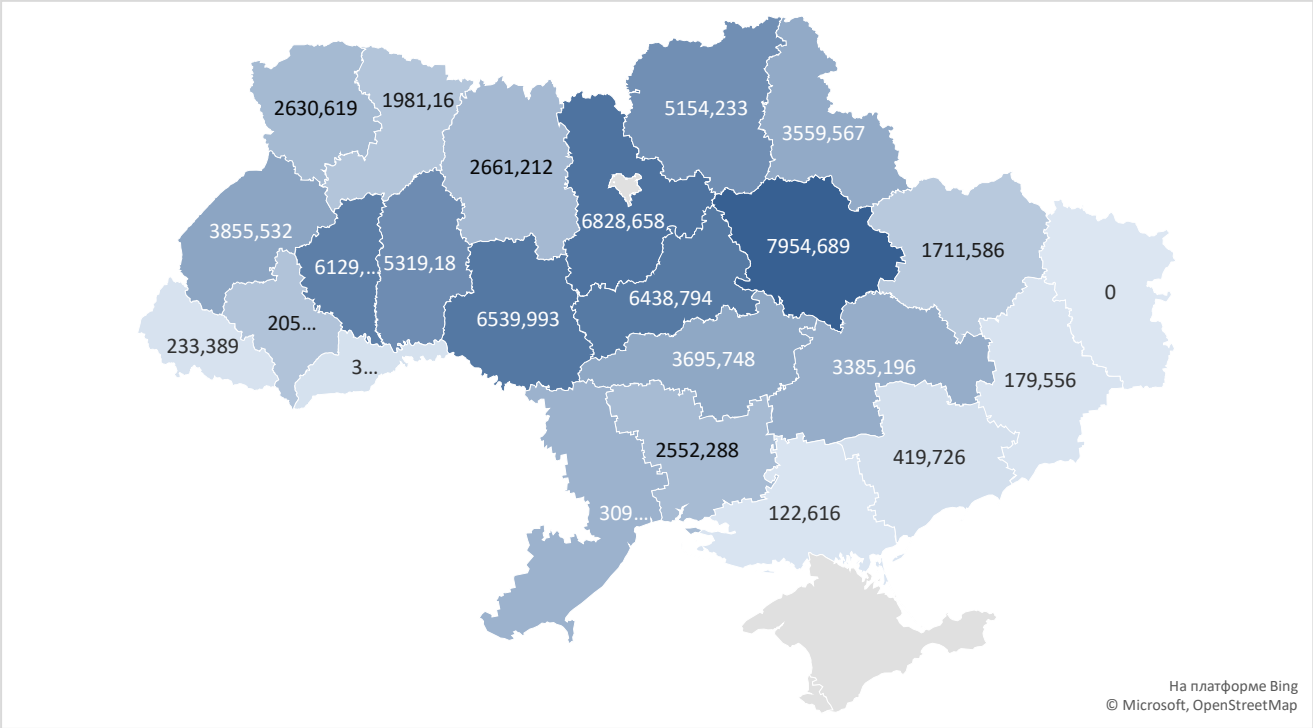

Рисунок 2.2 – **Площі сільськогосподарських угідь України (без врахування тимчасово окупованих, тис. га**

Джерело систематизовано автором на основі [3]

Аналіз площ сільськогосподарських угідь України демонструє чітку нерівномірність їхнього розподілу, що зумовлена природно-кліматичними особливостями регіонів та специфікою ландшафту. Найбільші масиви сільськогосподарських земель зосереджені в степовій та лісостеповій зонах, де лідерами виступають Дніпропетровська область із показником 1984,1 тисячі гектарів, Одеська область із площею 1854,8 тисячі гектарів та Харківська область, де угіддя займають 1836,9 тисячі гектарів. Показники в межах від 1600 до 1750 тисяч гектарів характерні для таких областей, як Кіровоградська, Полтавська та Вінницька, що підтверджує їхній статус стратегічно важливих аграрних центрів країни. У північній частині та в регіонах Полісся, зокрема в Чернігівській, Сумській та Житомирській областях, площі дещо менші та коливаються в межах 1100–1360

тисяч гектарів через більшу залісненість територій. Найнижчий рівень забезпеченості угіддями спостерігається в західних областях України, де гірський рельєф Карпат та висока густота річкової мережі обмежують можливості для великого землеробства, внаслідок чого показники Закарпатської, Чернівецької та Івано-Франківської областей є мінімальними по країні. Таким чином, на карті чітко простежується тенденція до зростання площ угідь у напрямку з північного заходу на південний схід, що визначає спеціалізацію регіонів та їхній внесок у загальнонаціональне аграрне виробництво.

Аналіз динаміки чисельності сільськогосподарських тварин в Україні за період 2016–2024 років свідчить про глибоку структурну перебудову галузі, яка супроводжується значним скороченням поголів'я в усіх ключових групах (табл. 2.11). Найбільш масштабне падіння зафіксоване в секторі свинарства, де загальна кількість тварин зменшилася на 2558 тисяч голів, причому основний регрес відбувся за рахунок господарств населення, які втратили понад половину свого стада. Аналогічна депресивна тенденція спостерігається і в розведенні великої рогатої худоби, де загальне скорочення склало 1448 тисяч голів, із яких понад мільйон припадає на втрату поголів'я корів. Примітно, що господарства населення демонструють набагато стрімкіші темпи скорочення ВРХ порівняно з аграрними підприємствами, що вказує на поступове згортання традиційного присадибного тваринництва через низьку рентабельність та складні умови воєнного часу.

В той же час галузь птахівництва виявилася найбільш стійкою до економічних шоків, продемонструвавши лише незначне загальне відхилення у 16,4 мільйона голів, при цьому промисловий сектор у 2024 році майже повернувся до показників 2016 року, фактично компенсуючи падіння у приватному секторі. Поголів'я овець та кіз також стабільно зменшувалося протягом усього аналізованого періоду, зафіксувавши від'ємне значення у 482 тисячі голів, що підтверджує загальнонаціональний тренд до концентрації тваринництва у великих спеціалізованих агрохолдингах. Статистичні дані за 2024 рік показують слабкі ознаки стабілізації у секторі великої рогатої худоби на підприємствах, проте загальний потенціал галузі залишається суттєво підірваним порівняно з рівнем

2016 року. Таким чином, сучасний стан тваринництва в Україні характеризується вимушеною індустріалізацією на тлі стрімкого занепаду дрібнотоварного виробництва в сільській місцевості.

Таблиця 2.11

Кількість сільськогосподарських тварин за категоріями господарств в 2016-2024 рр., тис. голів

Категорії та види тварин	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Відхилення, +, -
Господарства усіх категорій										
Велика рогата худоба	3750	3682	3531	3337	2874	2644	2307	2156	2302	-1448
у тому числі корови	2167	2108	2018	1928	1673	1544	1353	1263	1155	-1012
Свині	7079	6669	6115	6025	5876	5609	4848	5034	4521	-2558
Вівці та кози	1325	1315	1309	1265	1140	1004	941	906	843	-482
Птиця, млн голів	204,0	201,7	205,1	211,7	200,6	202,2	180,5	184,7	187,6	-16,4
Підприємства										
Велика рогата худоба	1270	1245	1195	1147	1008	1003	942	920	932	-338
у тому числі корови	505	493	474	468	424	425	394	382	386	-119
Свині	3704	3450	3291	3385	3629	3577	3144	3307	2935	-769
Птиця, млн голів	112,0	110,3	115,2	123,5	109,7	113,5	101,8	106,2	110,1	-1,9
Господарства населення										
Велика рогата худоба	2480	2437	2336	2190	1866	1641	1365	1236	1370	-1110
у тому числі корови	1662	1615	1544	1460	1249	1119	959	881	769	-893
Свині	3375	3219	2824	2640	2247	2032	1804	1727	1586	-1789
Птиця, млн голів	92,0	91,4	89,9	88,2	90,9	88,7	78,7	78,5	77,5	-14,5

Джерело: систематизовано на основі [3]

Варто зауважити, що регіональний розподіл поголів'я сільськогосподарських тварин в Україні станом на 2024 рік демонструє чітку територіальну спеціалізацію, де центральні та західні області виступають головними центрами виробництва тваринницької продукції (табл. 2.12).

Найвищий рівень концентрації великої рогатої худоби спостерігається у

Хмельницькій області, яка лідирує з показником 198,8 тисяч голів, а також у Полтавській та Вінницькій областях, що свідчить про збереження потужного молочного поясу в центрі країни.

Таблиця 2.12

Кількість сільськогосподарських тварин за регіонами у 2024 році, тис. голів

Регіон	Велика рогата худоба (усього)	у тому числі корови	Свині	Вівці та кози	Птиця (млн голів)
Україна	2301,6	1154,7	4521,1	843,3	187,6
Області:					
Вінницька	148,9	82,7	204,3	23,2	36,8
Волинська	88,8	57	178,9	17,7	7,8
Дніпропетровська	71	40,2	246,3	35	21,3
Донецька	4,5	3,1	9	6	0,3
Житомирська	93	64,7	158,1	16,5	7,1
Закарпатська	100,9	60,1	196,5	105,3	3,1
Запорізька	5,3	3,4	32,4	4,3	0,6
Івано-Франківська	63,9	42,2	296,2	21,9	4,7
Київська	103	47,9	548,3	50,8	22,7
Кіровоградська	58,9	33,7	185,2	22,2	3,4
Луганська	16,1	8,6	10,9	13,6	0,4
Львівська	73,3	52,4	458,7	23,1	12,3
Миколаївська	52,2	31,9	68,1	36,2	1,6
Одеська	121,4	73,7	142,1	238,9	1,9
Полтавська	166,6	86,6	258,6	33	5,4
Рівненська	53,7	42,8	188,4	17,5	9,3
Сумська	73,5	39,7	53,3	13,1	3,1
Тернопільська	123,2	75,5	354,4	17,4	5,5
Харківська	82,7	40,7	94,6	23,4	4,8
Херсонська	4	3,2	4	1,3	0,4
Хмельницька	198,8	109,1	349,4	33,4	5,1
Черкаська	122,2	56,6	203,8	20,9	23,6
Чернівецька	45,3	30,3	110,6	37,6	3,5
Чернігівська	117,9	62,6	171,7	19,4	2,9

Джерело: систематизовано на основі [3]

Сектор свинарства демонструє зміщення у бік Київської та Львівської областей, де завдяки роботі великих промислових комплексів зосереджено понад мільйон голів свиней сумарно. Птахівництво залишається найбільш географічно сконцентрованою галуззю, де Вінницька область забезпечує майже п'яту частину загальнодержавного поголів'я з показником 36,8 мільйона голів, суттєво випереджаючи Черкаську та Київську області. Традиційне для південних регіонів

вівчарство та козівництво зберігає свої позиції в Одеській області, яка утримує 238,9 тисяч голів, що складає понад чверть від усього поголів'я цієї категорії в Україні.

Водночас у прифронтових регіонах, таких як Донецька, Херсонська та Запорізька області, спостерігається критичне падіння чисельності всіх видів тварин до мінімальних значень, що радикально змінює загальну структуру тваринництва на користь відносно безпечних тилових територій. У Закарпатській області простежується унікальна структура господарювання, де за відносно невеликих масштабів птахівництва зберігається значне поголів'я овець та кіз, що підкреслює специфіку гірського агровиробництва. Загалом статистика 2024 року підтверджує, що продовольча безпека країни у тваринницькому секторі наразі тримається на п'яти-шести ключових областях-лідерах, які змогли адаптувати свої потужності до умов воєнного стану.

За результатами проведених нами досліджень та систематизації досвіду інших науковців вважається за доцільним впровадження до використання 10-пільної сівозміни, де поєднується виробництво біопалив з продовольчими та кормовими культурами, що забезпечує сталість агроекосистеми та диверсифікацію виробництва (табл. 2.13).

На нашу думку, перший рік сівозміни доцільно відводити під багаторічні трави, які покращують родючість ґрунту, а на п’ятому та восьмому роках включити бобові культури (соя, горох) та сидерати для збагачення ґрунту азотом і покращення його структури. Для отримання біодизелю доцільно вирощувати озимий ріпак (2-й рік) та соняшник (6-й рік). Для виробництва біоетанолу доцільно до сівозміни в 3 рік закласти посіви з озимої пшениці, кукурудзи (4-й рік) та цукрового буряка (7-й рік). Для отримання твердого біопалива доцільним є закладення в сівозміну енергетичних культур, таких як міскантус або світчграс (9-10 рік). Отримані побічні продукти, такі як макуха з ріпаку та соняшнику, жом з цукрового буряка, а також кукурудза, можуть бути використані як корми для галузі тваринництва. Запропонована система сівозмін дозволяє уникнути конкуренції за землю між виробництвом палива і продовольства, що є ключовим аспектом

продовольчої безпеки.

Таблиця 2.13

Приклад 10-пільної сівозміни орієнтованої для виробництва біопалив

Рік	Культура	Призначення	Продукція
1	Багаторічні трави	Покращення родючості ґрунту	Зелена маса для ґрунту, корм
2	Озимий ріпак	Виробництво біопалива та олії	Біодизель, олія, макуха на корм
3	Озима пшениця	Продовольче та біопаливне	Зерно на борошно, крупи; біоетанол
4	Кукурудза	Біопаливне та кормове	Біоетанол, біогаз, зерно на корм
5	Соя	Продовольче та ґрунтозбагачувальне	Зерно для олії, корм; збагачення ґрунту азотом
6	Соняшник	Виробництво біопалива та олії	Біодизель, олія, макуха на корм
7	Цукровий буряк	Продовольче та біопаливне	Цукор, жом на корм, біоетанол
8	Горох	Продовольче та ґрунтозбагачувальне	Зерно для круп, збагачення ґрунту азотом
9	Міскантус	Виробництво твердого біопалива	Пелети, брикети
10	Світчграс	Виробництво твердого біопалива	Пелети, брикети

Джерело: систематизовано автором на основі [4-6]

У той же час загалом погоджуємося із дослідженням Д. Токарчук, яке свідчить, що Україна може використовувати близько 11–12 мільйонів гектарів, і пропонуємо 11,5 млн га використовувати під 10-пільну сівозміну, орієнтовану на виробництво енергетичних культур. Слід зазначити, що загальна площа сільськогосподарських угідь в Україні складає орієнтовно 32,5 млн га. Тому пропоновані площі в повній мірі можна використовувати для виробництва біопалив та підтримки родючості ґрунту за рахунок присутності в сівозміні багаторічних трав, сої та гороху, які можна використовувати в продовольчих цілях [7, с. 186]

Водночас нами проведені розрахунки врожайності для різних сільськогосподарських культур, при цьому враховано середні значення врожайності за період 2020-2024 років. Це дозволило отримати зважену оцінку, яка мінімізує вплив екстремальних погодних умов або інших аномалій, що могли трапитися в окремі роки, та показує усереднену тенденцію (табл. 2.14).

Наукове обґрунтування даної системи базується на збалансованому поєднанні традиційних продовольчих культур, технічних рослин та енергетичних

багаторічників, що дозволяє не лише отримувати високі врожаї основної продукції, а й акумулювати значні обсяги побічної біомаси.

Особливістю цієї сівозміни є включення енергетичних культур, таких як міскантус та світчграс, а також багаторічних трав, що сприяє відновленню структури ґрунту та підвищенню його родючості. Сумарний аналіз показників свідчить про високу інтенсивність запропонованої моделі, де вихід післяжнивних решток безпосередньо корелює з біологічними особливостями кожної культури, створюючи передумови для безвідходного аграрного виробництва та забезпечення енергетичної автономності господарств.

Таблиця 2.14

Науково обґрунтована система сівозміни з врахуванням середньостатистичної врожайності культур та нормативного виходу післяжнивних решток

Рік	Культура	Вихід післяжнивних решток, т/га	Площа посіві, млн. га	Урожайність ц/га	Виробництво основної продукції, млн. т	Обсяг післяжнивних решток, млн т.
1	Багаторічні трави	-	1,15	60	6,9	-
2	Озимий ріпак	6,0	1,15	28,1	3,2315	6,9
3	Озима пшениця	8,01	1,15	50,06	5,7569	9,2115
4	Кукурудза	7,88	1,15	70,06	8,0569	9,062
5	Соя	2,92	1,15	24,9	2,8635	3,358
6	Соняшник	3,93	1,15	22,5	2,5875	4,5195
7	Цукровий буряк	38,0	1,15	493,2	56,718	43,7
8	Горох	2,8	1,15	22,7	2,6105	3,22
9	Міскантус	-	1,15	22	2,53	-
10	Світчграс	-	1,15	15	1,725	-

Джерело: систематизовано автором на основі [4-6]

Таблиця 2.15 представляє комплексний аналіз потенціалу виробництва різних видів біопалива в межах запропонованої десятипільної сівозміни, систематизуючи дані за типом кінцевого енергетичного продукту та джерелом його отримання. Перша група культур, до якої входять озимий ріпак, соняшник та соя, розглядається як основний ресурс для виготовлення біодизелю, що дозволяє при

сумарному обсязі післяжнивних решток у 14,777 млн т отримати близько 3,159 млн т рідкого палива. Другий сегмент розрахунків охоплює озиму пшеницю, кукурудзу та цукровий буряк, які разом формують потужну базу для виробництва біоетанолу, де за умови переробки основної продукції та врахування майже 62 млн т післяжнивних решток очікуваний вихід палива становить 11,095 млн т.

Окрему категорію у структурі займає тверде біопаливо, що генерується завдяки вирощуванню енергетичних багаторічників, зокрема міскантусу та світчграсу, сумарний вихід яких додає до енергетичного балансу ще 4,255 млн т паливної сировини. Загалом представлена модель демонструє високу ефективність інтеграції харчових та технічних культур у біоенергетичний сектор, підтверджуючи можливість отримання значних обсягів відновлюваних енергоресурсів безпосередньо в процесі аграрного виробництва.

Таблиця 2.15

Потенціал виробництва біопалив з сільськогосподарських культур у 10-пільній сівозміні

Рік	Культура	Виробництво основної продукції, млн. т	Обсяг післяжнивних решток, млн т.	Виробництво біопалив з основної продукції, млн т
Рідке біопаливо				
1	Озимий ріпак	3,2315	6,9	1,292
2	Соняшник	2,5875	4,519	1,294
3	Соя	2,8635	3,358	0,573
Всього післяжнивних решток/біодизелю			14,777	3,159
4	Озима пшениця	5,7569	9,2115	2,072
5	Кукурудза	8,0569	9,062	3,351
6	Цукровий буряк	56,718	43,7	5,672
Всього післяжнивних решток/біоетанолу			61,9735	11,095
Тверде біопаливо				
7	Міскантус	2,53	-	2,53
8	Світчграс	1,725	-	1,725
Всього				4,255

Джерело: обраховано автором на основі даних [3, 6-9]

Зважаючи на те, що за даними Державної служби статистики в Україні [3] щорічно використовується близько 3,8 млн $м^3$ деревини, що в перерахунку на нафтовий еквівалент складає 1,05 т н.е., експортний потенціал твердого палива складає понад 4,59 т н.е.

В таблиці 2.16 нами представлено кількісну оцінку енергетичного потенціалу сільськогосподарських відходів та енергетичних культур, перераховану в мільйони тонн нафтового еквіваленту (млн т н.е.) для стандартизованого порівняння енергоефективності різних видів біомаси. У структурі наведених даних спостерігається значна різниця між фізичним обсягом решток та їхньою реальною енергетичною цінністю, де, наприклад, найбільші за масою залишки озимої пшениці та кукурудзи, що сукупно становлять понад 18 мільйонів тонн, забезпечують відносно невисокий вихід енергії на рівні 0,326 та 0,344 млн т н.е. відповідно.

Таблиця 2.16

Енергетичний потенціал післяжнивних решток в перерахунку на нафтовий еквівалент

Культура	Обсяг післяжнивних решток, млн т.	В перерахунку на млн т н.е
Озимий ріпак	6,9	0,434
Соняшник	4,519	0,714
Соя	3,358	0,83
Озима пшениця	9,2115	0,326
Кукурудза	9,062	0,344
Основна продукція		
Міскантус	2,53	1,213
Світчграс	1,725	1,78
Всього	37,306	5,641

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [6-9]

Водночас спеціалізовані енергетичні культури демонструють суттєво вищу ефективність, оскільки міскантус та світчграс при порівняно невеликих обсягах вирощування генерують найбільшу питому частку енергії, сумарно забезпечуючи майже 3 млн т н.е., що становить більше половини всього показника таблиці. Серед традиційних олійних культур найвищу конверсійну здатність виявляє соя, яка при 3,358 млн т решток дає 0,83 млн т н.е., випереджаючи соняшник та ріпак за цим параметром. Підсумкові дані таблиці свідчать про те, що загальний обсяг біомаси у 37,306 млн т дозволяє замістити 5,641 млн тонн нафтового еквіваленту, підкреслюючи пріоритетність використання енергетичних рослин для досягнення максимальних показників енергонезалежності.

В таблиці 2.17 нами представлений авторський розрахунок теоретичного біоенергетичного потенціалу тваринницького сектору, що базується на детальному аналізі поголів'я основних видів сільськогосподарських тварин та птиці. В основі розрахунків лежить поетапна трансформація кількісних показників стада у валовий обсяг відновлюваного енергоносія, що дозволяє об'єктивно оцінити ресурсну базу для формування локальних енергетичних систем. Використано науково обґрунтовані річні нормативи виходу органічних решток на одну голову, які для великої рогатої худоби становлять 5 тонн, для свиней — 1,5 тонни, а для овець та кіз — 0,365 тонни, що відповідає стабільному щодобовому виходу екскрементів у межах одного кілограма.

Таблиця 2.17

Оцінка потенціалу виробництва біогазу з відходів продукції тваринництва станом на 2024 рік

ВРХ, тис. гол.	Свині, тис. гол.	Вівці та кози, тис. гол.	Птиця, млн голів
2301,6	4521,1	843,3	187,7
Обсяг органічних решток (гною), т./гол в рік			
5	1,5	0,365	0,05
Вихід гною, тис. т			
11508	6781,65	307,805	9385
Вихід біогазу з 1 т гною, $м^3$			
50	60	54	65
Обсяг потенційного виробництва біогазу, млн $м^3$			
575,4	406,9	16,6	610,0
Всього, млн $м^3$	1608,9		

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [10-13]

Найбільш вагомими за обсягом генерації вторинної сировини виступають сектори розведення великої рогатої худоби та промислового птахівництва, які сукупно забезпечують вихід понад 20 мільйонів тонн гною та посліду на рік. Аналіз якісних характеристик різних типів субстратів показує, що найвищу питому енергоефективність має пташиний послід та гній свиней, де вихід біогазу з однієї тонни сировини досягає 60–65 кубічних метрів, тоді як для ВРХ цей показник дещо нижчий і становить 50 кубічних метрів. Підсумкові показники потенційного виробництва біогазу, що сукупно перевищують 1,6 мільярда кубічних метрів,

підтверджують гіпотезу про надлишковість місцевої ресурсної бази для повного покриття енергетичних потреб критичної інфраструктури територіальних громад. Найменшу частку в загальному балансі займає сектор вівчарства та козівництва з показником 16,6 мільйона кубічних метрів біогазу, проте цей ресурс є стратегічно важливим для малих громад аграрного типу, де він може стати основою для функціонування мікробіогазових установок соціальної сфери. Таким чином, результати розрахунків, наведені у таблиці, слугують фундаментальним економічним підґрунтям для реалізації архітектури «енергетичного острова», дозволяючи інтегрувати відходи тваринництва у замкнений цикл виробництва теплової та електричної енергії в межах циркулярної моделі розвитку регіону.Загальний обсяг виробництва біоетанолу в Україні, що становить 8387 тис. т, розподілений між регіонами вкрай нерівномірно, що безпосередньо залежить від спеціалізації місцевого агропромислового комплексу та наявності відповідних переробних потужностей (рис. 2.3.).

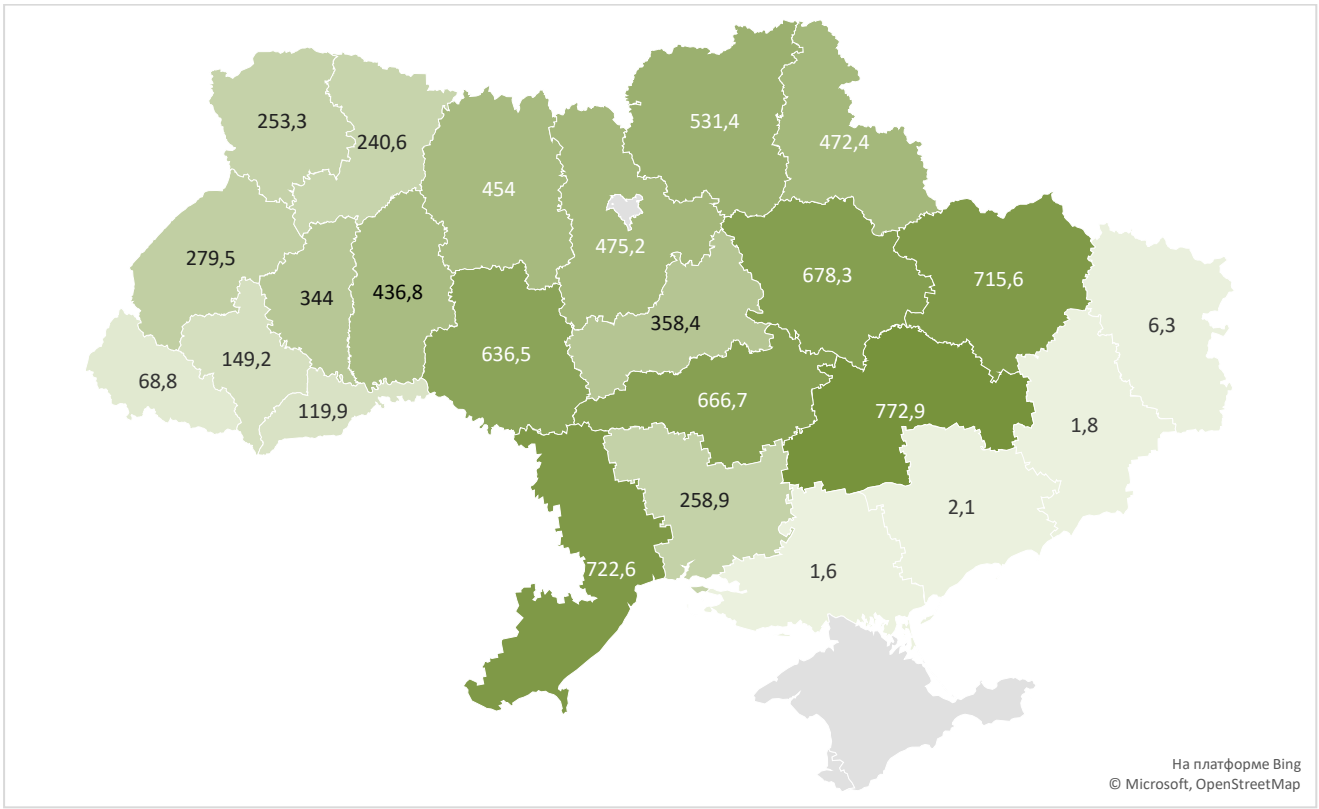

Рисунок 2.3 – **Регіональна структура потенціалу виробництва біоетанолу в 2024 р, тис. т.**

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [3, 10-13]

Найвищі показники демонструють Дніпропетровська, Одеська та Харківська області, кожна з яких перетинає позначку у 700 тис. т, формуючи потужний промисловий кістяк галузі. Значний внесок у загальний результат забезпечують також центральні аграрні регіони, зокрема Полтавська, Кіровоградська та Вінницька області, де розвинене рослинництво створює стабільну сировинну базу для виробництва палива. Водночас група областей, до якої входять Чернігівська, Київська, Сумська та Житомирська, демонструють впевнені середні показники в межах 450–530 тис. т, підкреслюючи потенціал північного та центрального макрорегіонів. Західні області, такі як Львівська, Волинська та Рівненська, мають помірні обсяги виробництва, проте їхнє географічне розташування є стратегічно важливим для майбутньої інтеграції в енергетичний ринок Європейського Союзу. Найнижча активність спостерігається у прифронтових та тимчасово окупованих південних і східних регіонах, зокрема в Херсонській, Донецькій, Запорізькій та Луганській областях, де показники є символічними та не перевищують кількох тисяч тонн. Такий глибокий розрив між лідерами та аутсайдерами вказує на концентрацію біоенергетичного потенціалу в регіонах із розвиненою переробною інфраструктурою та безпечними умовами для ведення господарської діяльності. У підсумку можна констатувати, що галузь тримається на десяти ключових регіонах-донорах, які сукупно забезпечують основну частку енергетичної незалежності країни в секторі відновлюваного палива.

В той же час проведений аналіз потенціалу виробництва біодизеля в Україні, загальний обсяг якого оцінюється у 2389,9 тисяч тонн, виявляє чітку залежність між регіональною потужністю та розвитком олійно-жирового кластера (рис. 2.4).

Провідні позиції стабільно займають Дніпропетровська, Одеська та Харківська області, показники яких перевищують 200 тис. т, що пояснюється високою концентрацією посівних площ соняшнику та ріпаку, а також наявністю великих екстракційних заводів. Група регіонів із високим потенціалом, куди входять Полтавська, Кіровоградська та Вінницька області, демонструє результати в межах 180–195 тис. т, підтверджуючи роль центрального аграрного поясу як головного постачальника сировини.

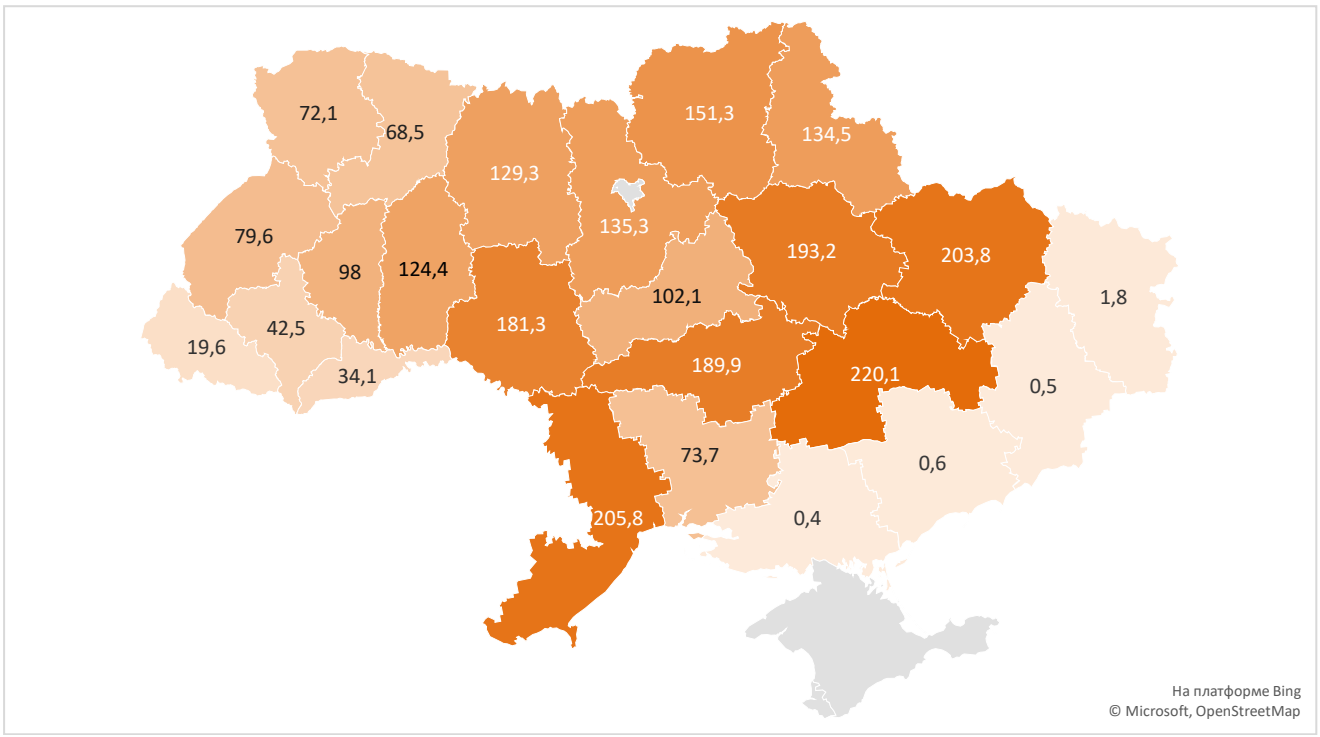

Рисунок 2.4 – **Регіональна структура потенціалу виробництва біодизелю в 2024 р, тис. т**

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [3, 10-13]

Північні області, зокрема Чернігівська, Київська та Сумська, мають вагомий потенціал на рівні 130–150 тис. т, що свідчить про активне розширення площ під олійні культури в цих широтах. Показники західних областей, таких як Львівська, Тернопільська та Волинська, коливаються від 70 до 100 тис. т, відображаючи специфіку менших посівних площ, але стабільну орієнтацію на переробку ріпаку. Мінімальний рівень потенціалу зафіксовано в областях, що знаходяться в зоні активних бойових дій або під окупацією, зокрема в Херсонській, Донецькій та Запорізькій, де сумарні можливості ледь сягають кількох сотень тонн. Загальна структура даних вказує на те, що потенціал біодизеля розподілений географічно рівномірніше, ніж у випадку з біоетанолом, проте загальний обсяг його виробництва є майже вчетверо меншим. Це свідчить про значні перспективи для нарощування потужностей в сегменті дизельного біопалива за умови стимулювання внутрішньої переробки олійних культур замість їх прямого експорту.

Аналіз сумарного потенціалу твердого біопалива в Україні, що сягає 61137,6

тис. т, підтверджує домінантну роль цього сектору в структурі відновлюваної енергетики порівняно з рідким паливом (рис. 2.5). Найвищу концентрацію ресурсів продемонструвала Дніпропетровська область із показником 5642,8 тис. т, за якою слідують Одеська область із 5275,5 тис. т та Харківська область, де потенціал становить 5224,1 тис. т. Потужний аграрний кластер у центрі країни представлений Полтавською областю з 4952,1 тис. т, Кіровоградською з 4867,4 тис. т та Вінницькою з 4647,2 тис. т, що свідчить про величезні запаси рослинних залишків у цих регіонах. Північний пояс, де значну частку займають Чернігівська область із 3879,9 тис. т та Київська область із 3469,2 тис. т, має стабільно високий потенціал завдяки поєднанню агропромислових та лісових ресурсів. Житомирська та Сумська області також демонструють вагомі результати, маючи 3314,9 тис. т та 3449,1 тис. т. відповідно, що робить їх привабливими для розвитку біоенергетичних проєктів. У західній частині країни лідирує Тернопільська область із показником 2511,6 тис. т, тоді як потенціал Львівської області становить 2040,7 тис. т, а Волинської – 1849,5 тис. т.

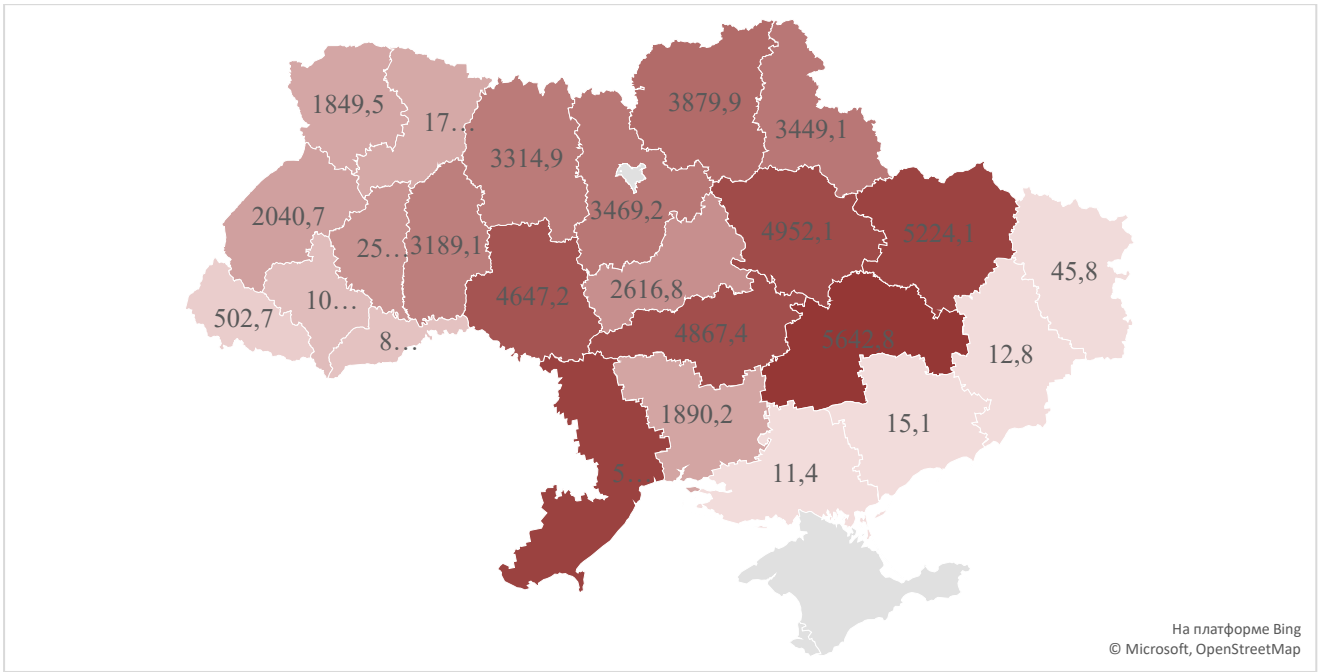

Рисунок 2.5 – **Регіональна структура потенціалу виробництва твердих біопалив в 2024 р, тис. т**

Джерело: образовано автором на основі систематизації даних [3, 10-13]

Мінімальні значення, зафіксовані в Херсонській області на рівні 11,4 тис. т,

Донецькій із 12,8 тис. т та Запорізькій із 15,1 тис. т, відображають глибоку кризу в енергетичному секторі цих територій. Загальна картина вказує на те, що тверде біопаливо є стратегічним ресурсом національного масштабу, здатним забезпечити перехід на місцеве паливо в більшості регіонів України.

Аналіз представлених даних на рисунку 2.6 дозволяє стверджувати, що біогазовий потенціал України має чітко виражену регіональну специфіку, зумовлену концентрацією агропромислового виробництва та поточною безпековою ситуацією.

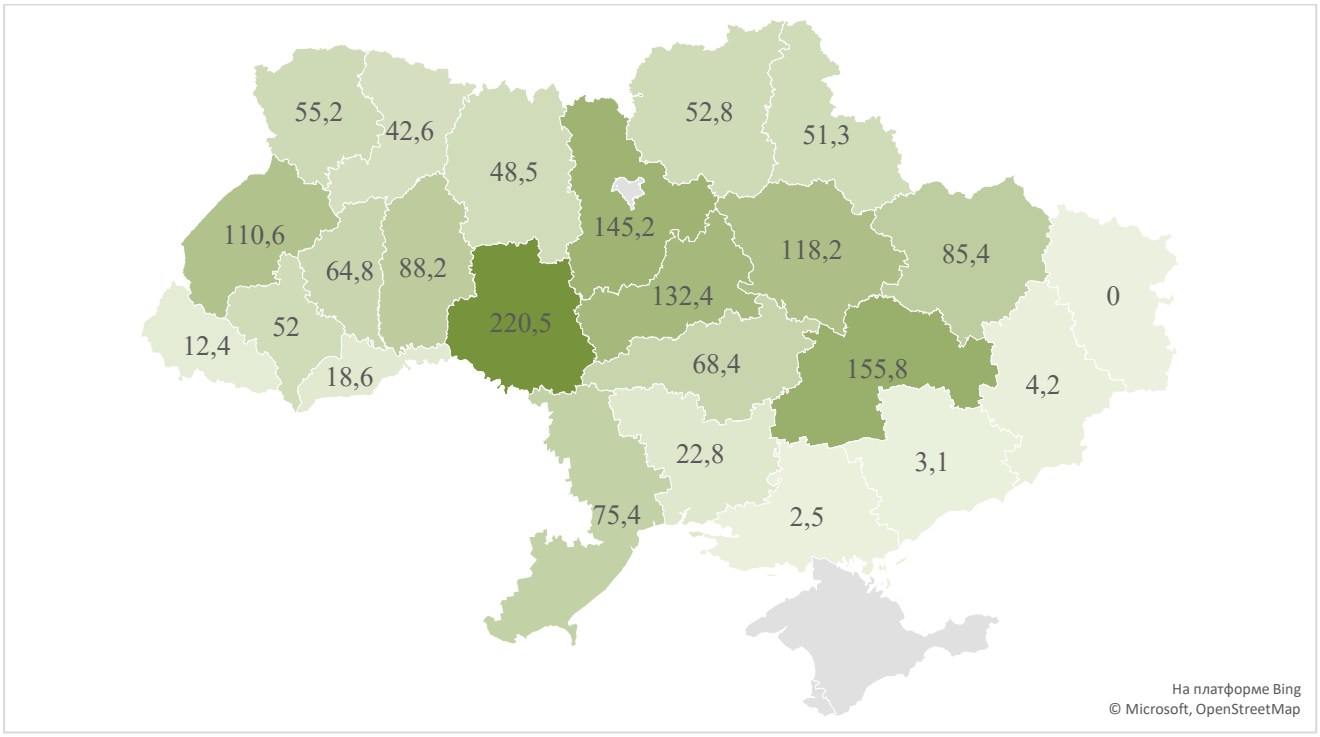

Рисунок 2.6 – **Регіональна структура потенціалу виробництва біогазу в 2024 р, тис. т**

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [3, 10-13]

Вінницька область впевнено утримує статус абсолютного лідера з показником 220,5 млн м³ біогазу на рік, що пояснюється найвищою в країні концентрацією потужностей птахівництва та свинарства, а також активним впровадженням флагманських біоенергетичних проєктів. Високий потенціал Київської (145,2 млн м³), Черкаської (132,4 млн м³) та Полтавської (118,2 млн м³) областей формує стратегічний «біоенергетичний пояс» країни, де розвинена база тваринництва дозволяє інтегрувати відходи у замкнені цикли виробництва

біометану. Дніпропетровська область (155,8 млн м³) демонструє значні можливості не лише за рахунок аграрного сектору, а й завдяки потенціалу дегазації великих полігонів твердих побутових відходів у промислових вузлах.

Водночас спостерігається критична деструкція ресурсного потенціалу в східних та південних регіонах, зокрема в Луганській, Запорізькій та Херсонській областях, де через окупацію та активні бойові дії виробничі ланцюги повністю розірвані.

Західні регіони, такі як Львівська (110,6 млн м³) та Хмельницька (88,2 млн м³) області, демонструють стабільну динаміку росту завдяки інвестиційній привабливості та близькості до європейських енергетичних ринків, що сприяє розвитку середніх та малих об'єктів генерації. Рівень потенціалу в межах 40–60 млн м³, характерний для Житомирської, Сумської та Чернігівської областей, вказує на доцільність орієнтації цих територій на створення муніципальних «енергетичних островів» для забезпечення потреб соціальної сфери.

На основі представлених даних в таблиці 2.18 можна зробити висновок про значну нерівномірність регіональної структури потенціалу виробництва біопалив в Україні, що безпосередньо корелює з аграрною спеціалізацією областей та безпековою ситуацією в умовах воєнного стану. Загальний річний енергетичний потенціал країни оцінюється у 29,64 млн т н.е., де домінуючу роль відіграють тверді біопалини, на які припадає понад 72% від загального обсягу, що підтверджує стратегічну значущість рослинних решток як найбільш доступного ресурсу для децентралізованого енергозабезпечення. Аналіз регіонального розподілу дозволяє виділити групу областей-лідерів, серед яких першість посідає Дніпропетровська область з часткою 9,23% (2736,83 тис. т н.е.), за якою слідують Одеська (8,52%) та Харківська (8,45%) області, що свідчить про високу концентрацію сировинної бази для виробництва біоетанолу та твердих видів палива у степовій зоні. Вінницька область посідає четверте місце за сукупним потенціалом (7,76%), проте демонструє унікальну структуру з найвищим в країні показником потенціалу біогазу (110,25 тис. т н.е.), що робить її ключовим майданчиком для розбудови муніципальних енергетичних островів на базі тваринництва та промислового птахівництва.

Таблиця 2.18

Регіональна структура потенціалу виробництва біопалив в Україні в 2024 р. в перерахунку на т н.е.

Область	Біоетанол	Біодизель	Тверді біопалива	Біогаз	Усього	Частка, %
Вінницька	407,36	155,92	1626,52	110,25	2300,05	7,76
Волинська	162,11	62,01	647,33	27,60	899,05	3,03
Дніпропетровська	494,66	189,29	1974,98	77,90	2736,83	9,23
Донецька	1,15	0,43	4,48	2,10	8,16	0,03
Житомирська	290,56	111,20	1160,22	24,25	1586,23	5,35
Закарпатська	44,03	16,86	175,95	6,20	243,04	0,82
Запорізька	1,34	0,52	5,29	1,55	8,7	0,03
Івано-Франківська	95,49	36,55	381,29	26,00	539,33	1,82
Київська	304,13	116,36	1214,22	72,60	1707,31	5,76
Кіровоградська	426,69	163,31	1703,59	34,20	2327,79	7,85
Луганська	4,03	1,55	16,03	0,00	21,61	0,07
Львівська	178,88	68,46	714,25	55,30	1016,89	3,43
Миколаївська	165,70	63,38	661,57	11,40	902,05	3,04
Одеська	462,46	176,99	1846,43	37,70	2523,58	8,52
Полтавська	434,11	166,15	1733,24	59,10	2392,6	8,07
Рівненська	153,98	58,91	614,81	21,30	849	2,86
Сумська	302,34	115,67	1207,19	25,65	1650,85	5,57
Тернопільська	220,16	84,28	879,06	32,40	1215,9	4,10
Харківська	457,98	175,27	1828,44	42,70	2504,39	8,45
Херсонська	1,02	0,34	3,99	1,25	6,6	0,02
Хмельницька	279,55	106,98	1116,19	44,10	1546,82	5,22
Черкаська	229,38	87,81	915,88	66,20	1299,27	4,38
Чернівецька	76,74	29,33	306,43	9,30	421,8	1,42
Чернігівська	340,10	130,12	1357,97	26,40	1854,59	6,26
УСЬОГО	5367,68	2055,31	21398,16	815,45	29636,6	100,00

Джерело: обраховано автором на основі систематизації даних [3, 10-13]

Водночас спостерігається критичний занепад енергетичних можливостей східних та південних територій, де сукупна частка Донецької, Запорізької, Херсонської та Луганської областей не перевищує 0,2%, що є прямим наслідком активних бойових дій та тимчасової окупації аграрних угідь. Полтавська та Кіровоградська області також формують значний внесок у загальнодержавний баланс (понад 7,8% кожна), що вказує на потужні можливості створення біоенергетичних кластерів у центральній Україні шляхом інтеграції переробки зернових культур у виробництво рідких та твердих біопалив.

Енергетичний потенціал західних регіонів, зокрема Львівської та Волинської

областей, хоча і є кількісно меншим у порівнянні з лідерами, проте характеризується вищою часткою біогазу відносно загального обсягу їхнього внутрішнього виробництва, що свідчить про доцільність орієнтації цих територій на високотехнологічну когенерацію. Наведені дані підтверджують, що за умови ефективного інвестування в об’єкти малої та середньої генерації, наявний потенціал біопалив здатен стати фундаментом для повної енергетичної автономності більшості територіальних громад України, мінімізуючи їхню залежність від вразливих централізованих мереж.

У той же час проведений нами аналіз логістичних аспектів виробництва біопалив, представлених у таблиці 2.19, дає можливість констатувати, що сучасна архітектура логістичних ланцюгів біопалив в Україні має багаторівневу структуру, яка варіюється від суто локальних до інтегрованих регіональних моделей. Ключовою особливістю функціонування сектору твердого біопалива є його децентралізація, де логістичне плече обмежене 30–50 кілометрами, що робить цей вид палива найбільш адаптованим для потреб територіальних громад та комунального сектору. На противагу цьому, логістика біоетанолу має виражений регіональний характер із радіусом збору сировини понад 100 кілометрів, що зумовлено високою концентрацією виробництва на базі потужних спиртових заводів, таких як агрофірма «Узинська» чи ТОВ «ВЕСТНОЛ», орієнтованих на великих корпоративних споживачів або експорт.

Сектор біодизеля на сучасному етапі характеризується фрагментарною моделлю, де логістичні процеси зазвичай замикаються всередині одного господарства (радіус 10–20 км) для забезпечення паливної автономності агротехніки, що мінімізує зовнішні логістичні ризики.

Найбільш технологічно досконалими є ланцюги виробництва біогазу та біометану, які функціонують у межах об’єктної моделі з мінімальним радіусом збору сировини до 15 км. Приклади таких проєктів, як «Біогаз Ладижин» (МХП) та компанії «Вітагро», демонструють найвищу стабільність постачання завдяки використанню трубопровідного транспорту або коротких маршрутів перевезення рідких субстратів.

Таблиця 2.19

Систематизація логістичних моделей та діючих проєктів біопалив в Україні

Вид біопалива	Особливості поточного функціонування логістики	Рівень централізації та радіус збору	Окремі проєкти
Тверде біопаливо	Децентралізована модель. Сировина (солома, дрова, пелети) збирається та переробляється безпосередньо в межах громад. Використовується для потреб комунальних котелень та домогосподарств.	Локальний. Радіус до 30–50 км. Висока залежність від сезонності.	Група компаній «Кернел» (використання лушпиння соняшника на ТЕЦ), муніципальні котельні на трісці).
Біоетанол	Інтегрована модель. Функціонує на базі спиртових заводів. Сировина (кукурудза, меляса) постачається великими партіями залізничним або автотранспортом.	Регіональний. Радіус понад 100 км. Орієнтація на експорт та мережі АЗС.	Окремі заводи з лініями дегідратації): Агрофірма «Узинська», ТОВ «ВЕСТНОЛ»
Біодизель	Фрагментарна модель. В основному функціонує як внутрішньогосподарське виробництво в межах великих фермерських господарств для заправки власної агротехніки.	Внутрігосподарський. Радіус до 10–20 км. Використання власного ріпаку/сої.	ПП «Оліяр» (Львівська обл.), невеликі фермерські заводи в Тернопільській та Хмельницькій областях.
Біогаз та біометан	Високотехнологічна замкнена модель. Сировина (гній, силос) подається трубопроводами або цистернами. Біометан закачується безпосередньо в мережу ГТС або використовується для виробництва тепла та електроенергії	Об'єктний. Радіус до 10–15 км. Найвища стабільність постачання.	МХП (Біогазовий комплекс «Біогаз Ладижин»), Вітагро (Vitagro), Теофіпольська енергетична компанія.

Джерело: авторські дослідження

Важливо підкреслити, що ефективність кожного з представлених проєктів безпосередньо корелює зі щільністю розташування джерел сировини відносно потужностей переробки. Для територіальних громад найбільш перспективним є наслідування децентралізованих моделей твердого палива та об’єктних моделей біогазу, оскільки вони дозволяють уникнути значних витрат на складну транспортну логістику та забезпечують пряму конверсію місцевих ресурсів в енергію. Таким чином, успішна реалізація біоенергетичного потенціалу регіонів,

критично залежить від вибору відповідної логістичної моделі, яка б враховувала специфіку конкретного виду біопалива та територіальні межі доступності сировини.

Узагальнюючи результати аналізу, слід констатувати, що сучасний стан логістичного забезпечення біоенергетичного сектору в Україні характеризується суттєвим дисбалансом між наявним ресурсним потенціалом та реальними можливостями його промислового освоєння на рівні територіальних громад. Попри значні обсяги доступної біомаси, існуючі логістичні ланцюги функціонують переважно як фрагментарні та стихійні моделі, що позбавлені системної координації та необхідної технологічної інфраструктури для довгострокового зберігання сировини. Вирішенням даної проблеми може стати формування біоенергетичних кластерів, в тому числі на базі навчальних закладів, для розробки технологій виробництва біопалив з урахуванням вимог малої та середньої біогенерації.

Висока питома вартість транспортування непідготовленої біомаси, зумовлена її низькою енергетичною щільністю та використанням загальноцільової агротехніки, обмежує економічно доцільний радіус перевезень мінімальними відстанями, що перетворює біоенергетику на суто локальне і залежне від сезонності явище. Відсутність спеціалізованих логістичних хабів та інструментів оперативного моніторингу сировинних потоків призводить до значних втрат енергетичної цінності палива на етапах збору та складування.

Таким чином, ключовим детермінантом низької ефективності сектору в сучасних умовах є не дефіцит сировинної бази, а несформованість стійкої логістичної архітектури, здатної забезпечити безперебійне постачання палива стандартизованої якості від місць первинної генерації до кінцевих енергоустановок.

2.3. Дослідження інвестиційної привабливості та бар'єрів впровадження об'єктів малої та середньої генерації.

Дослідження інвестиційної привабливості та ідентифікація бар'єрів впровадження об'єктів малої та середньої біоенергетичної генерації є критично важливим етапом формування стратегій енергонезалежності територіальних громад. В умовах децентралізації енергосистеми та воєнних викликів інвестиційна логіка зміщується від масштабних централізованих проєктів до локальних об'єктів, здатних забезпечити критичну інфраструктуру стабільною енергією з місцевих джерел біомаси. Привабливість таких проєктів детермінується не лише наявністю ресурсної бази, проаналізованої у попередніх розділах, а й сукупністю економічних, технічних та регуляторних факторів, що визначають терміни окупності та рівень капітальних інвестицій.

Водночас практична реалізація біоенергетичного потенціалу стикається з низкою системних обмежень – від складності залучення доступного фінансування до технічних перешкод у приєднанні об'єктів генерації до існуючих мереж. Аналіз інвестиційного ландшафту в секторі малої та середньої генерації дає змогу виявити точки зростання для місцевих економік та обґрунтувати необхідність трансформації державної політики для нівелювання бар'єрів.

Нами представлена систематизація бар'єрів впровадження об'єктів біоенергетичної генерації, яка свідчить про наявність комплексу стримуючих факторів, серед яких економічні та фінансові аспекти відіграють ключову роль через високу вартість капітальних інвестицій та обмежений доступ до довгострокового кредитування (табл. 2.20). Це супроводжується значними валютними ризиками при імпорті обладнання, що в сукупності подовжує термін окупності проєктів до 7–10 років і суттєво знижує інтерес приватних інвесторів. Регуляторний та правовий блок бар'єрів характеризується надмірною складністю дозвільних процедур та нестабільністю законодавства щодо стимулювання галузі, що генерує додаткові бюрократичні затримки та здорожчує проєкти ще на етапі запуску.

Таблиця 2.20

Систематизація бар'єрів впровадження об'єктів біоенергетичної генерації

Категорія бар'єрів	Специфіка реалізації	Вплив на інвестиційну привабливість
Економічні та фінансові	Висока вартість капітальних інвестицій (CAPEX) на фоні обмеженого доступу до довгострокового кредитування. Значні валютні ризики при закупівлі іноземного обладнання.	Подовження терміну окупності проєктів до 7–10 років, що відлякує приватних інвесторів.
Регуляторні та правові	Складність та тривалість процедур отримання дозволів на будівництво та ліцензій на виробництво енергії. Нестабільність законодавства щодо «зеленого» тарифу та механізмів підтримки біометану.	Створення корупційних ризиків та бюрократичних затримок, що здорожчує проєкт на етапі запуску.
Технічні та інфраструктурні	Обмежена пропускна здатність локальних електричних та газових мереж. Відсутність спеціалізованого обладнання українського виробництва для малих потужностей.	Неможливість приєднання об'єктів до мережі без дорогих робіт з реконструкції інфраструктури ТГ.
Сировинні та логістичні	Несформованість прозорого ринку біомаси. Ризики розірвання ланцюгів постачання сировини через зміну сівозмін або зміну власників агропідприємств.	Невизначеність щодо собівартості виробництва енергії (OPEX) у довгостроковій перспективі.
Воєнні та безпекові	Ризики фізичного руйнування об'єктів внаслідок обстрілів. Складнощі зі страхуванням інвестицій від воєнних ризиків у прифронтових регіонах.	Зростання вартості страхування та загальна обережність міжнародних донорів.

Джерело: авторські дослідження

Технічні та інфраструктурні обмеження проявляються у низькій пропускній здатності локальних мереж та дефіциті вітчизняного обладнання малих потужностей, що змушує ініціаторів проєктів витрачати значні кошти на реконструкцію мереж територіальних громад. Сировинна складова характеризується високим рівнем невизначеності через відсутність прозорого ринку біомаси та ризики розірвання контрактів на постачання відходів сільського господарства, що унеможливлює точне прогнозування операційних витрат у довгостроковій перспективі. Нарешті, воєнні та безпекові виклики, пов'язані з ризиками фізичного знищення активів та складнощами їх страхування. В той же час проведені нами розрахунки вказують, що понад 60% загального обсягу інвестицій (близько 1,1–1,3 млрд євро) акумульовано у 6-7 областях України, де сформовано стійкі агропромислові кластери (табл. 2.21).

Таблиця 2.21

Аналіз інвестиційної активності та обсягів капіталовкладень у біопаливні проєкти за областями України

Область	Характер інвестиційної активності та ключові проєкти	Напрями інвестування	Обсяг інвестицій (млн євро)
Вінницька	Висока. Лідер за біогазовими потужностями (МХП, Юзефо-Миколаївська БК).	Біогаз, пелети.	180–220
Волинська	Середня. Переробка технічних культур (ТОВ «ВЕСТНОЛ»), експортна логістика.	Біоетанол, олії.	45–60
Дніпропетровська	Висока. Значні потужності промислового біогазу та дегазації полігонів.	Промисловий біогаз.	140–160
Донецька	Критично низька. Більшість активів зруйновано або законсервовано.	Відновлення.	< 5
Житомирська	Середня. Розвиток муніципальної генерації на деревній біомасі.	Тріска, пелети.	35–50
Закарпатська	Низька. Мала генерація для рекреаційного сектору.	Деревна біомаса.	10–15
Запорізька	Критично низька. Ведення бойових дій та окупація частини територій.	Мобільна генерація.	< 2
Івано-Франківська	Середня. Біогазові установки агрохолдингів (напр. «Ґудвеллі»).	Біогаз, тріска.	40–55
Київська	Висока. Нові біометанові заводи, модернізація комунальних мереж.	Біометан, пелети.	120–150
Кіровоградська	Середня. Енергетична утилізація лушпиння соняшника на ОЕЗ.	Пелети, солома.	30–45
Луганська	Відсутня. Повна окупація, зупинка всіх інвестиційних процесів.	-	0
Львівська	Висока. Флагманські проєкти біоетанолу (OKKO/EBRD) та біометану.	Біоетанол, біометан.	150–190
Миколаївська	Низька. Стримування через воєнні ризики, точкові агропроєкти.	Солома, ВДЕ.	15–25
Одеська	Середня. Потенціал соломи та виноградарства, експортні вузли.	Біоетанол, солома.	40–55
Полтавська	Висока. Біогаз цукрових заводів («Астарта»), переробка пожнивних решток.	Біогаз, біомаса.	110–130
Рівненська	Середня. Кластер деревообробки та твердого біопалива.	Пелети, тріска.	30–40
Сумська	Низька. Прикордонні ризики, фокус на внутрішнє енергоспоживання ТГ.	Солома, дрова.	12–18
Тернопільська	Середня. Біодизельні потужності фермерів, біогаз (Теофіполь).	Біодизель, біогаз.	50–70
Харківська	Низька. Децентралізовані рішення для громад в умовах обстрілів.	Мобільні котельні.	15–20
Херсонська	Критично низька. Наслідки окупації та мінування територій.	Відновлення.	< 3
Хмельницька	Середня. Розвиток біогазових потужностей та спалювання соломи.	Біогаз, солома.	45–60
Черкаська	Висока. Енергоефективні проєкти великих агровиробників.	Біомаса решток.	70–90
Чернівецька	Низька. Мала генерація на дровах та відходах деревини.	Дрова, пелети.	8–12
Чернігівська	Середня. Експортно-орієнтоване виробництво паливних гранул.	Лісова біомаса.	25–35

Джерело: систематизовано автором на основі [14-20]

Найвищий поріг входу в інвестиційний проєкт спостерігається у Вінницькій та Київській областях через превалювання капіталомістких технологій біогазу та біометану. Натомість західні регіони, зокрема Львівська область, демонструють найвищу динаміку залучення іноземного кредитного капіталу (EBRD) у розвиток рідких біопалив. Регіони з інвестиціями нижче 10 млн євро наразі характеризуються або критичними безпековими ризиками, або відсутністю великих індустріальних споживачів біомаси, що потребує впровадження спеціальних стимулів для малої генерації на рівні громад.

Аналітична інтерпретація структури інвестицій свідчить про домінування приватного капіталу в аграрних регіонах, де в областях із високим рівнем капіталовкладень, таких як Вінницька та Полтавська, основна частка фінансування, що сягає 90%, належить великим агрохолдингам (табл. 2.22).

Таблиця 2.22

Структура інвестиційних ресурсів у біопаливні проєкти за джерелами походження (усереднено по кластерах областей)

Кластер областей (за рівнем інвестицій)	Приватні інвестиції агрохолдингів та бізнесу (%)	Міжнародна технічна допомога та гранти (%)	Власні кошти громад (%)	Ключова модель фінансування
Високий рівень (Вінницька, Київська, Полтавська, Черкаська)	85–90%	5–10%	2–5%	Корпоративна полягає в реінвестуванні прибутку великих агрохолдингів у власну енергонезалежність.
Експортно-орієнтований (Львівська, Волинська, Одеська)	60–70%	25–30%	5–10%	Змішана грунтується на зстосуванні кредитних ліній МФО (EBRD, EIB) + приватний капітал для виходу на ринок ЄС.
Середній / Муніципальний (Житомирська, Рівненська, Хмельницька)	30–40%	40–50%	15–20%	Грантово-муніципальна заснована на заміщенні газу в бюджетній сфері за рахунок донорських фондів (NEFCO, GIZ).
Критичний / Прифронтовий (Харківська, Сумська, Миколаївська)	10–15%	70–80%	5–10%	Гуманітарно-енергетична заснована на встановленні мобільних котелень як екстреної допомоги від міжнародних партнерів.

Джерело: систематизовано автором на основі [14-22]

Це підтверджує формування закритої бізнес-моделі розвитку біоенергетики, за якої територіальна громада отримує переважно екологічні вигоди, проте зберігає обмежений вплив на процеси управління енергоактивами. Важливу роль у регіонах із середнім рівнем інвестиційної активності, зокрема в Житомирській та Рівненській областях, відіграють міжнародні гранти, частка яких сягає 50%, що доводить неспроможність малих і середніх громад самостійно подолати високий поріг капітальних витрат без зовнішньої донорської допомоги. Водночас власні ресурси бюджетів територіальних громад залишаються мінімальними та становлять лише 5–15%, що обґрунтовує гостру необхідність впровадження спеціальних фінансових інструментів, таких як револьверні фонди або енергосервісні договори, для стимулювання локальної генерації. Суттєва воєнна трансформація фінансування спостерігається у прифронтових областях, де через відсутність приватних інвесторів розвиток галузі тримається виключно на міжнародних програмах із відновлення критичної інфраструктури.

Загальний висновок аналізу структури підтверджує, що поточна інвестиційна привабливість біоенергетичних проєктів критично залежить від здатності суб’єктів господарювання та громад залучати зовнішнє пільгове фінансування, оскільки тривалі терміни окупності, що становлять 7–10 років, роблять використання класичних комерційних кредитів економічно недоцільним у сучасних умовах.

В той же час проведений аналіз структури витрат показує, що для проєктів виробництва біометану та електроенергії з біогазу витрати на приєднання до мереж складають чверть, а іноді й третину від загального обсягу інвестицій, що робить цей фактор потужним «фільтром», який відсікає проєкти з низьким рівнем капіталізації (табл. 2.23).

Висока питома вага цих витрат зумовлена значною зношеністю існуючої мережевої інфраструктури громад та необхідністю виконання технічних умов, які часто передбачають реконструкцію суміжних ділянок мереж за рахунок інвестора. Для об'єктів малої генерації на біомасі (котельні) цей бар'єр є найменш відчутним, що пояснює їх швидке поширення в муніципальному секторі. Проте для високотехнологічних проєктів, таких як біометанові заводи, географічне

розташування об’єкта відносно точок врізки в ГРМ стає визначальним чинником економічної рентабельності, оскільки кожні додаткові 500–1000 метрів трубопроводу можуть збільшити загальний бюджет проєкту на 5–8%, критично подовжуючи термін його окупності.

Таблиця 2.23

Аналіз питомої ваги витрат на приєднання до мереж у структурі капітальних інвестицій (CAPEX) проєктів з виробництва біопалив

Вид об'єкта генерації	Тип приєднання	Частка у загальному CAPEX (%)	Специфіка впливу на інвестиційну привабливість
Когенераційні установки (біогаз)	Електричні мережі (0,4–10 кВ)	15–25%	Необхідність будівництва або модернізації трансформаторних підстанцій та ліній електропередач (ЛЕП).
Біометанові заводи	Газорозподільні мережі (ГРМ)	20–35%	Висока вартість вузлів підготовки, компримування та будівництва газопроводів-вводів до ГРС.
Котельні на біомасі (малі)	Теплові мережі	5–12%	Зазвичай інтегруються безпосередньо в існуючі локальні системи опалення об'єктів соціальної сфери.
ТЕЦ на біомасі (середні)	Електричні та теплові мережі	25–30%	Подвійне навантаження через необхідність синхронізації з ОЕС України та прокладання магістральних теплотрас.

Джерело: систематизовано автором на основі [23-29]

Аналіз питомої ваги витрат на приєднання до мереж у структурі капітальних інвестицій показує, що для проєктів виробництва біометану та електроенергії з біогазу ці видатки становлять від 20% до 35% загального бюджету, що робить фактор віддаленості від точок підключення ключовим детермінантом економічної рентабельності. Висока вартість приєднання зумовлена необхідністю капітальної модернізації існуючої інфраструктури громад за рахунок інвестора, включаючи будівництво нових ліній електропередач або газопроводів-вводів, що в умовах дефіциту вільного капіталу виступає жорстким фінансовим «фільтром». Для малих об’єктів теплогенерації на біомасі цей показник є суттєво нижчим і варіюється в межах 5–12%, оскільки такі установки зазвичай інтегруються в локальні теплові мережі безпосередньо на об'єктах споживання, що мінімізує зовнішні витрати.

Водночас для середніх ТЕЦ на біомасі подвійне навантаження, пов'язане з одночасним підключенням до електричних та теплових мереж, може збільшувати CAPEX на 30%, критично подовжуючи термін окупності проєкту та змушуючи інвесторів надавати перевагу моделям енергозабезпечення в автономному режимі.

Варто зауважити, що проведений аналіз свідчить: «м'які» бар'єри створюють приховане фінансове навантаження на проєкт, яке важко оцінити на етапі бізнес-планування (табл. 2.24).

Таблиця 2.24

Аналіз управлінської готовності та «м'яких» бар'єрів впровадження біоенергетичних проєктів у ТГ

Категорія чинників	Поточний стан	Вплив на інвестиційні ризики
Інвестиційне планування	Лише 15–20% ТГ мають актуалізовані інвестиційні паспорти з виокремленими майданчиками (brownfields/greenfields) під енергетичні об'єкти.	Відсутність підготовлених ділянок змушує інвестора самостійно проходити процедуру зміни цільового призначення землі (від 6 до 12 місяців).
Кадрове забезпечення	Гострий дефіцит технічних фахівців (інженерів, енергетиків) у сільських громадах для експлуатації біогазових установок та складних ТЕЦ.	Високі операційні витрати на залучення вахтового персоналу з обласних центрів або ризик простою обладнання через некоректне обслуговування.
Аудит біомаси	Брак верифікованих даних про енергетичний потенціал відходів на рівні громади; аудит зазвичай проводиться «де-факто» після приходу інвестора.	Невизначеність сировинної безпеки, що підвищує вартість страхування проєкту та відлякує банківське фінансування.
Муніципальний менеджмент	Низька спроможність місцевих енергоменеджерів у розробці ТЕО та підготовці заявок до міжнародних грантових фондів.	Уповільнення темпів залучення донорських коштів, які є критичними для малих громад
Прозорість та комунікація	Відсутність чітких алгоритмів взаємодії між владою та бізнесом (one-stop-shop) щодо спрощення локальних погоджень.	Зростання корупційних очікувань та імовірність виникнення конфліктів із місцевим населенням (NIMBY-синдром).

Джерело: систематизовано автором на основі [30-35]

Зокрема, відсутність у громаді фахівців відповідної кваліфікації змушує інвесторів закладати у бюджет додаткові витрати на автоматизацію процесів та віддалений моніторинг, що здорожчує технологічну частину на 10–15%. Крім того,

ситуативний підхід до формування інвестиційних майданчиків призводить до того, що обрані локації часто не мають попереднього енергоаудиту чи детального планування, що знову ж таки повертає інвестора до проблеми високої вартості приєднання до мереж.

Найбільш критичним «м'яким» чинником у 2024 році залишається відсутність у більшості ТГ довгострокових стратегій енергонезалежності, які б закріплювали статус біоенергетики як пріоритетного напряму. Без таких документів інвестор сприймає громаду як нестабільного партнера, де правила гри можуть змінитися після наступних виборів або зміни керівництва апарату ТГ.

Аналіз «м'яких» інвестиційних чинників у розрізі управлінської готовності територіальних громад свідчить про наявність значних операційних бар'єрів, серед яких найбільш критичним є гострий дефіцит кваліфікованих технічних кадрів для обслуговування об'єктів біоенергетичної генерації на місцях. Це змушує інвесторів закладати додаткові витрати на автоматизацію процесів або залучення персоналу з інших регіонів, що підвищує операційні видатки проєкту на 10–15%. Крім того, лише обмежена кількість громад (близько 20%) володіє актуалізованими інвестиційними паспортами з виокремленими майданчиками, що мають готову містобудівну документацію, внаслідок чого терміни запуску об'єктів подовжуються на етапі зміни цільового призначення земельних ділянок. Відсутність верифікованого аудиту біомаси на муніципальному рівні створює додаткові ризики сировинної безпеки, змушуючи банківські установи підвищувати вимоги до страхування капіталовкладень. Проведений аналіз управлінських детермінантів підтверджує, що низька спроможність муніципального менеджменту в підготовці якісних техніко-економічних обґрунтувань для міжнародних фондів залишається ключовою перешкодою для залучення грантової допомоги, яка є критично важливою для малих та середніх територіальних громад в умовах воєнного стану.

Отже, для підвищення інвестиційної привабливості громад недостатньо лише наявності сировини; необхідно переходити до створення «інвестиційних лотів», де земельна ділянка, попередній аудит біомаси та план приєднання до мереж уже

синхронізовані в межах муніципального інвестиційного паспорта.

В той же час проведений аналіз демонструє пряму кореляцію між технологічною складністю проєкту та періодом повернення інвестицій. Котельні на твердому біопаливі мають найкоротший термін окупності (до 5 років), що робить їх ідеальним інструментом для територіальних громад, які орієнтовані на отримання швидкого соціально-економічного ефекту в межах одного політичного циклу. У таких проєктах основним драйвером рентабельності є різниця між вартістю імпортованого природного газу та місцевої деревної сировини (табл. 2.25).

Таблиця 2.25

Порівняльна характеристика термінів окупності та інвестиційного профілю біоенергетичних проєктів

Тип об'єкта генерації	Орієнтовний термін окупності (роки)	Рівень капіталомісткості (CAPEX)	Типовий інвестор та мотивація
Котельні на деревній трісці / пелетах	3–5	Низький. Відносно просте та доступне обладнання.	Територіальні громади, малий бізнес. Мета: швидке заміщення дорогого газу та економія бюджетних коштів.
Біогазові установки (електроенергія/тепло)	6–8	Середній / Високий. Потребує складних реакторів та когенераційних модулів.	Середні агропідприємства, фермерські господарства. Мета: утилізація власних відходів та отримання стабільного доходу (ВДЕ).
Біометанові заводи (очищення біогазу)	8–12	Високий. Дороговартісні системи очищення, компримування та підключення до ГРМ.	Великі агрохолдинги, міжнародні корпорації. Мета: експорт біометану до ЄС, стратегічна декарбонізація та висока маржинальність.
ТЕЦ на біомасі (комбінована генерація)	7–10	Високий. Складні турбінні системи та розгалужена мережева інфраструктура.	Промислові підприємства, енергосервісні компанії. Мета: повна енергоавтономність великих виробничих майданчиків.

Джерело: систематизовано автором на основі [36-40]

Натомість біометанові заводи, попри найдовший термін окупності (до 12

років), залучають капітал великих гравців завдяки можливості інтеграції в європейські енергетичні ринки та отримання преміальної ціни за «зелений» газ. Для середнього сегмента (біогазові установки) термін у 6–8 років є критичним порогом, який вимагає стабільної державної політики та надійних механізмів підтримки, оскільки будь-які коливання у регуляторному середовищі можуть вивести проєкт за межі 10-річної окупності, роблячи його непривабливим для комерційного кредитування.

Диференціація термінів окупності підтверджує, що для масового впровадження об’єктів у громадах пріоритетними залишатимуться технології прямого спалювання біомаси, тоді як високотехнологічна генерація потребує спеціалізованих інструментів зниження ризиків (страхування, пільгові кредити) для компенсації тривалого інвестиційного циклу.

В той же час важливим є аналіз ризиків «сировинної конкуренції» для об'єктів середньої потужності, оскільки, на відміну від великих заводів, вони зазвичай не мають власних сировинних угідь і повністю залежать від локального ринку в радіусі економічно доцільного логістичного плеча (30–50 км). Виникнення конкуренції між декількома споживачами на одній території може призвести до стрімкого зростання операційних витрат (OPEX) та зробити проєкт збитковим.

Проведений аналіз свідчить, що ризик сировинної конкуренції безпосередньо впливає на інвестиційну привабливість через механізм ціноутворення: поява другого великого споживача біомаси в тому ж логістичному радіусі автоматично перетворює «ринок покупця» на «ринок продавця». Це призводить до ситуації, коли прогнозований в бізнес-плані OPEX зростає на 20–40% протягом одного сезону, що критично для об’єктів середньої генерації з маржинальністю 15–20%. Найбільш вразливими є муніципальні проєкти на деревній біомасі, оскільки вони конкурують за ресурс із місцевим населенням, що в умовах дефіциту інших енергоносіїв створює не лише економічний, а й соціальний бар’єр (табл. 2.26).

Для нівелювання цього ризику інвестори змушені переходити від спотового ринку до стратегічного партнерства, що передбачає оренду земель під енергетичні культури або укладання довгострокових (5–10 років) контрактів із фіксованою

формулою ціни. Відсутність у територіальних громадах механізмів балансування сировинних потоків (наприклад, через муніципальні енергетичні кооперативи) залишається одним із ключових бар'єрів для середніх проєктів, які не мають вертикальної інтеграції.

Таблиця 2.26

Оцінка ризиків сировинної конкуренції та їхнього впливу на життєздатність проєктів у сфері виробництва біопалив

Тип сировини	Радіус збору (км)	Рівень загрози конкуренції	Наслідки для інвестиційного проєкту
Деревна тріска / дрова	30–40	Високий. Конкуренція з боку комунальних котелень, приватних домогосподарств та меблевих виробництв.	Стрімке сезонне зростання цін (до 50%), ризик зупинки генерації через дефіцит ресурсу в опалювальний період.
Солома (зернові, ріпак)	20–30	Середній. Конкуренція між біоенергетикою та тваринництвом (підстилка) або агрономічними вимогами (заорювання).	Необхідність укладання форвардних контрактів, зростання витрат на пресування та зберігання.
Відходи кукурудзи / соняшнику	40–50	Низький / Середній. Ресурс зазвичай надлишковий, але конкуренція зростає з появою великих біометанових заводів.	Подовження логістичного плеча, що веде до зростання собівартості Гкал/кВт·год через транспортну складову.
Гній / силос (біогаз)	10–15	Критичний. Об'єкти жорстко прив'язані до конкретної ферми.	Розірвання договору з одним постачальником сировини фактично призводить до повної зупинки об'єкта.

Джерело: систематизовано автором на основі [40-42]

Аналіз сучасних умов залучення капіталу свідчить, що впровадження механізму CBAM кардинально змінює логіку інвестування в біоенергетику. Для підприємств-експортерів (агрохолдингів, виробників цементу чи добрив), розташованих на територіях громад, перехід на біомасу стає інструментом збереження конкурентоспроможності на ринку ЄС. У такому контексті інвестиція в біометановий завод або ТЕЦ на біомасі розглядається не як окремий бізнес-проєкт із власною окупністю, а як страховий внесок для уникнення високого вуглецевого мита, що фактично робить такі проєкти життєздатними навіть при тривалих термінах окупності (понад 10 років) (табл. 2.27).

Таблиця 2.27

Вплив механізмів страхування та кліматичного регулювання на інвестиційну привабливість біоенергетичних проєктів

Чинник впливу	Сутність та поточний стан інструменту	Ефект для інвестиційної привабливості ТГ
Страхування воєнних ризиків (MIGA, DFC)	Залучення гарантій від Багатостороннього агентства з інвестиційних гарантій (MIGA) та Американської корпорації з фінансування міжнародного розвитку (DFC).	Дозволяє розблокувати доступ до дешевого західного капіталу навіть для регіонів із середнім рівнем ризику, знижуючи вартість залучення коштів на 3–5%.
Кліматичне коригування (CBAM)	Механізм ЄС, що передбачає оподаткування вуглецевого сліду продукції (металургія, добрива, енергія), яка ввозиться на ринок Євросоюзу.	Перетворює біоенергетику з «бажаного» на «обов'язковий» елемент модернізації для великих експортерів у громадах, скорочуючи стратегічний період окупності через уникнення штрафів.
Національні гарантії (ЕКА)	Розширення повноважень Експортно-кредитного агентства України щодо страхування прямих інвестицій від воєнних ризиків.	Створює «безпековий коридор» для вітчизняного малого та середнього бізнесу, який не має доступу до міжнародних фінансових корпорацій.
Ринок вуглецевих сертифікатів	Можливість монетизації скорочення викидів CO2 через продаж добровільних вуглецевих одиниць (VERs).	Створює додатковий потік доходу (revenue stream), що може пришвидшити окупність біометанових та біогазових проєктів на 1–1,5 роки.

Джерело: систематизовано автором на основі [43-45]

Водночас доступність страхування воєнних ризиків через інструменти MIGA та DFC виступає головним «фільтром» для іноземних інвесторів. Наявність таких гарантій дозволяє перекласти політичні та безпекові ризики на міжнародні інституції, що є ключовою умовою для проєктів із залученням кредитного плеча від європейських банків. Для територіальних громад успішний кейс залучення міжнародного страхування на їхній території означає автоматичне підвищення інвестиційного рейтингу всієї ТГ. Таким чином, поєднання кліматичного тиску (CBAM) та безпекових гарантій (страхування) формує новий тип інвестиційної привабливості, де екологічна відповідність проєкту стає запорукою його фінансової стійкості у довгостроковій перспективі.

У той же час цифровізація управління енергоспоживанням у територіальних

громадах є фундаментом для зниження передпроєктних ризиків інвестора. Наявність верифікованих історичних даних про погодинне та сезонне споживання енергії дозволяє точно підібрати потужність об'єкта біогенерації, уникаючи зайвих витрат на надлишкову потужність або дефіциту енергії в пікові періоди.

Відсутність систем автоматизованого енергомоніторингу у більшості територіальних громад створює «інформаційний вакуум», який інвестор змушений заповнювати власним коштом через проведення додаткових аудитів. Це не лише здорожчує вартість підготовки проєкту (Pre-investment costs) на 3–5%, а й суттєво подовжує термін прийняття інвестиційного рішення. Для проєктів малої генерації, де маржинальність критично залежить від точності споживання (особливо при роботі в режимі «island mode»), відсутність цифрових профілів навантаження за останні 3 роки може стати причиною відмови банку у фінансуванні через неможливість верифікації грошових потоків (табл. 2.28).

Таблиця 2.28

Вплив систем цифрового енергомоніторингу на інвестиційні ризики та точність ТЕО

Елемент цифровізації	Поточний стан у громадах України	Вплив на інвестиційний процес та ТЕО
АСЕМ (Автоматизована система енергомоніторингу)	Впроваджено лише у 25–30% ТГ (переважно великі міста). У малих ТГ переважає ручний збір даних.	Зниження похибки ТЕО. Наявність даних за 3+ роки дозволяє розрахувати базове навантаження (baseload) з точністю до 95%.
Інтерактивні карти біомаси	Існують лише на рівні пілотних проєктів (напр. UA Bio Maps). Відсутня прив'язка до кадастру ТГ.	Мінімізація сировинних ризиків. Дозволяє інвестору дистанційно оцінити логістичне плече та потенціал накопичення відходів.
Smart Grid та цифровий облік	Низький рівень автоматизації підстанцій (ТП). Відсутність інтелектуальних лічильників у бюджетній сфері.	Прогнозування інтеграції. Цифрові профілі навантаження мережі дозволяють уникнути дорогої реконструкції
Енергетичний паспорт громади (цифровий)	Більшість паспортів існують у паперовому вигляді і не оновлюються в режимі реального часу.	Швидкість Decision Making. Цифровізація скорочує етап Due Diligence (передпроєктного аудиту) з 3–4 місяців до декількох тижнів.

Джерело: систематизовано автором на основі [46-48]

Навпаки, громади, які впровадили АСЕМ та відкрили дані для потенційних

партнерів, демонструють у 2,5 раза вищу швидкість залучення інвестицій у муніципальні котельні та біогазові установки. Таким чином, цифровізація виступає не просто технічною опцією, а стратегічним інструментом зниження фінансових ризиків, що дозволяє громаді перейти від пасивного очікування до активного маркетингу своїх енергетичних майданчиків.

Варто зауважити, що сьогоднішній стан української енергетики зумовлює перехід від централізованої моделі до розподіленої генерації, де ключову роль відіграють об’єкти малої та середньої потужності (табл. 2.29).

Таблиця 2.29

Інвестиційний ландшафт малої та середньої генерації в Україні: виклики та можливості

Категорія аналізу	Ключові фактори привабливості	Основні бар'єри та ризики	Прогнозний вплив на інвестора
Економіка та окупність	Висока рентабельність: зростання ринкових цін на е/е скоротило окупність СЕС до 3-4 років, когенерації — до 5 років.	Боргова криза: значні заборгованості на балансуючому ринку та ринку «на добу наперед» створюють дефіцит ліквідності.	Високий: інвестиції вигідні для самозабезпечення, але ризиковані для чистого продажу в мережу.
Фінансування	Доступний капітал: програми «5-7-9», гранти від ЄС (Ukraine Facility) та кредити під 0% для домогосподарств.	Вимоги до застави: банки вимагають високе забезпечення, що складно для бізнесу, який втратив активи через війну.	Середній: гроші на ринку є, але доступ до них мають лише фінансово стабільні компанії.
Регуляторне середовище	Лібералізація: впровадження Net Billing, скасування ПДВ/мита на обладнання, спрощення ліцензування до 1 МВт.	Бюрократія мереж: складність та вартість отримання ТУ (технічних умов) від обленерго для приєднання до мереж.	Середній: законодавство стає лояльнішим, але імплементація на місцях залишається повільною.
Технічна реалізація	Енергонезалежність: можливість роботи в режимі «острова» під час блекаутів; розвиток систем зберігання (BESS).	Дефіцит кадрів: брак кваліфікованих інженерів для монтажу та сервісного обслуговування складних установок.	Критичний: технічна стійкість бізнесу є головним драйвером вкладень у 2025 році.
Безпека та геополітика	Децентралізація: малі об'єкти є менш вразливими цілями для атак порівняно з великими ТЕС/ГЕС.	Воєнні ризики: відсутність повноцінного страхування майна від фізичного знищення в зонах поблизу фронту.	Високий: географія інвестицій чітко зміщена в центральні та західні регіони України.

Джерело: [49]

Економічна привабливість таких проєктів наприкінці 2025 року досягла історичного максимуму завдяки зростанню ринкових тарифів для підприємств, що дозволило скоротити термін окупності сонячних станцій до 3–4 років, а газової когенерації – до 5 років. Попри таку високу рентабельність, інвестори змушені зважати на боргову кризу на ринку електроенергії, яка робить стратегію повного продажу ресурсу в мережу ризикованою порівняно з моделлю власного споживання.

Представлена таблиця 2.30 систематизує результати багатофакторного аналізу та пропонує адаптивні інвестиційні стратегії для різних типів територіальних громад залежно від їхньої економічної спеціалізації та фінансової спроможності. Матриця стратегічного вибору біоенергетичних проєктів залежно від профілю громади дозволяє трансформувати виявлені раніше бар'єри та стимули у конкретну матрицю прийняття рішень, де технологічний вибір громади прямо корелює з її ресурсним потенціалом та зовнішньоекономічними цілями.

Таблиця 2.29

Матриця стратегічного вибору біоенергетичних проєктів залежно від профілю громади

Профіль ТГ	Рекомендована технологія	Ключовий інвестиційний драйвер	Пріоритетне джерело фінансування
Мала сільська громада	Котельні на трісці / соломі	Швидка окупність (3–5 р.), енергонезалежність соцсфери.	Гранти, власні кошти, ЕСКО-контракти.
Аграрна громада (середня)	Біогазові установки, пелетні заводи	Утилізація відходів, створення робочих місць.	Кредити українських банків, приватний капітал агробізнесу.
Індустріальна / Експортна ТГ	Біометанові заводи, ТЕЦ на біомасі	CBAM-комплаєнс, продаж енергії в мережу, експорт палива.	Прямі іноземні інвестиції, кредити МФО (EBRD/EIB), страхування MIGA.

Джерело: авторське бачення

Для малих сільських громад, які характеризуються обмеженим доступом до інвестиційного капіталу, матриця визначає пріоритетність впровадження низькозатратних технологій прямого спалювання біомаси, зокрема котелень на деревній трісці або соломі. У цьому сегменті ключовим драйвером привабливості

виступає короткий термін окупності, що дозволяє громаді отримати швидкий соціально-економічний ефект через суттєве скорочення видатків бюджету на енергоносії для соціальної сфери. Оскільки власні ресурси таких громад є мінімальними, фінансова модель тут базується на поєднанні міжнародної грантової допомоги та механізмів енергосервісу, що дозволяє залучати професійних операторів до управління енергоактивами без надмірного навантаження на місцевий бюджет.

У середніх аграрних громадах інвестиційна логіка зміщується в бік глибинної переробки відходів сільського господарства через будівництво біогазових установок або пелетних заводів. Головною мотивацією для таких проєктів стає реалізація принципів циркулярної економіки, де енергетична утилізація гною, силосу або пожнивних решток створює додану вартість всередині громади та забезпечує енергонезалежність агропромислових підприємств. Модель фінансування у цьому кластері спирається переважно на приватний капітал місцевого бізнесу та кредитні лінії українських комерційних банків, оскільки наявність власної сировини та зрозумілі ринки збуту енергії роблять такі проєкти класичними інвестиційними активами із середнім рівнем ризику.

Найвищий рівень технологічної та фінансової складності притаманний індустріальним та експортно-орієнтованим громадам, де біоенергетика розглядається як інструмент декарбонізації великих виробничих майданчиків. Введення в експлуатацію біометанових заводів та потужних ТЕЦ у таких громадах детермінується необхідністю дотримання вимог CBAM та збереження доступу до ринків ЄС, що робить інвестиції стратегічно обов'язковими попри тривалі терміни повернення капіталу. Через високу капіталомісткість та складність підключення до магістральних мереж, реалізація таких проєктів потребує залучення прямих іноземних інвестицій та обов'язкового використання механізмів міжнародного страхування воєнних ризиків, що дозволяє інтегрувати локальні енергетичні потужності у глобальні ланцюги створення вартості.

Загалом описана матриця доводить, що інвестиційна привабливість біоенергетики не є універсальною величиною, а формується як результат синергії

між типом доступної сировини, рівнем цифровізації енергоменеджменту та обраною моделлю фінансування. Це дозволяє муніципальному менеджменту відійти від пасивного очікування донорів і розпочати формування цільових інвестиційних лотів, які максимально відповідають профілю громади та мінімізують трансакційні витрати потенційного інвестора.

В результаті дослідження виявлено, що ключовим економічним бар'єром залишається висока питома вага витрат на приєднання до енергетичних мереж, яка для високотехнологічних об'єктів, таких як біометанові заводи, може сягати третини загального обсягу капітальних інвестицій. Це створює жорсткий фінансовий «фільтр», що обмежує розвиток складних технологій у громадах із дефіцитом вільного капіталу та зношеною інфраструктурою. Водночас дослідження довело, що запровадження європейського механізму вуглецевого коригування (CBAM) кардинально трансформує інвестиційну логіку для експортно-орієнтованих підприємств ТГ, перетворюючи біоенергетику з інструменту енергозбереження на стратегічний засіб збереження конкурентоспроможності на зовнішніх ринках.

Особливу роль у зниженні передпроєктних ризиків відіграє цифровізація муніципального енергоменеджменту. Було обґрунтовано, що відсутність автоматизованих систем енергомоніторингу створює інформаційний вакуум, який здорожчує підготовку техніко-економічних обґрунтувань та подовжує термін прийняття інвестиційних рішень. Громади, які володіють верифікованими цифровими даними про профілі навантаження за останні роки, мають суттєву перевагу у залученні кредитного фінансування, оскільки прозорість енергоспоживання є критичною умовою для банківського сектору та міжнародних донорів.

В умовах воєнного стану критичним фактором деблокування іноземних інвестицій визначено механізми міжнародного страхування політичних та воєнних ризиків через інституції MIGA та DFC. Наявність таких гарантій дозволяє вирівняти інвестиційне поле між прифронтовими та центральними регіонами, знижуючи вартість залучення капіталу та підвищуючи загальний кредитний

рейтинг територіальних громад. Це підтверджує необхідність переходу від моделі пасивного очікування до активного формування муніципальних інвестиційних лотів, де технічні умови, ресурсний аудит та цифрові профілі вже інтегровані в єдиний стратегічний документ.

Отже, ефективність впровадження біоенергетичних проєктів у ТГ прямо залежить від здатності місцевої влади синхронізувати внутрішні управлінські процеси із зовнішніми безпековими та кліматичними стимулами. Розроблена матриця стратегічного вибору дозволяє громадам чітко ідентифікувати свій технологічний профіль та обирати найбільш оптимальні моделі фінансування, що забезпечує сталий розвиток локальної енергетики як фундаменту національної енергонезалежності.

Висновки до розділу 2

1. Сучасна енергетична система України перебуває у стані глибокої структурної кризи, що характеризується падінням загального випуску електроенергії на 30,6% та критичною втратою маневрових потужностей теплової генерації, які скоротилися на 62,5%. Технологічна деградація централізованої моделі супроводжується зростанням питомої ваги втрат у мережах до 12,2%, що робить енергопостачання громад вразливим до будь-яких зовнішніх шоків і змушує бізнес переходити на дорогі автономні джерела живлення. За таких умов енергетична безпека територій перестає бути загальнодержавним питанням і трансформується у фактор економічного виживання громад, вимагаючи негайного переходу до децентралізованої моделі з розбудовою локальних мікромереж та розосередженої генерації.

2. Аналіз сировинної бази підтверджує наявність значного біоенергетичного потенціалу в Україні, проте його регіональний розподіл є вкрай нерівномірним через природно-кліматичні особливості та воєнні дії, що призвели до критичного падіння показників у прифронтових областях. Ключовим бар’єром для промислового освоєння цих ресурсів на рівні територіальних громад є

фрагментарність логістичних ланцюгів та висока питома вартість транспортування біомаси, що обмежує економічно доцільний радіус перевезень мінімальними відстанями. Ефективна реалізація цього потенціалу потребує створення спеціалізованих логістичних хабів та формування біоенергетичних кластерів, які дозволять громадам трансформувати локальні аграрні та лісові ресурси у стабільне джерело енергії.

3. Інвестиційна привабливість біоенергетичних проєктів у громадах детермінується не лише наявністю сировини, а й рівнем цифрової зрілості енергоменеджменту та здатністю місцевої влади нівелювати високі витрати на приєднання до мереж, які можуть становити до 35% загального бюджету. Для малих громад найбільш життєздатними є проєкти прямого спалювання біомаси з коротким терміном окупності, тоді як великі індустріальні центри потребують складних біометанових рішень для декарбонізації експорту та відповідності вимогам CBAM. Успішне залучення капіталу в сучасних умовах можливе лише за умови інтеграції інструментів автоматизованого моніторингу споживання та використання механізмів міжнародного страхування воєнних ризиків, що дозволяє перетворити енергонезалежність на стратегічний актив розвитку громади.

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [4, 5, 49].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Постачання та використання енергії. URL: https://stat.gov.ua/uk/publications/postachannya-ta-vykorystannya-enerhiyi (дата звернення 12.12.2025).

2. Міністерство енергетики України. URL: https://mev.gov.ua/ (дата звернення 12.12.2025).

3. Статистичний щорічник України за 2024 рік. Державна служба статистики України. За редакцією А. В. Макарчука. Київ. 273 с. URL: https://stat.gov.ua/uk/publications/statystychnyy-shchorichnyk-ukrayiny-2024

4. Мазур О.В., Довгань П.О., Довгополий В.С. Вплив передпосівної обробки насіння та удобрення на тривалість вегетаційного періоду та висоту рослин сортів сої. *Сільське господарство та лісівництво.* 2025. № 3 (38). С. 209-218. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-3-17

5. Мазур О.В., Довгань П.О., Сорока С.Ю. *У*рожайність гібридів кукурудзи залежно від застосування гербіцидів та густоти рослин. *Сільське господарство та лісівництво.* 2025. № 4 (39). С. 126-135. DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-11

6. Koval V., Perović N., Rasovic I., Božović D. Gontaruk Y. Biofuel Production Assessment of Crop Rotation Systems and Organic Residues in Agricultural Management. *Agriculture.* 2025. Volume 15. Issue 22. 2316. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture15222316

7. Tokarchuk D., Pryshliak N., Berezyuk S., Shynkovych A. Food Security and Biofuel Production: Solving the Dilemma on the Example of Ukraine. *Polityka Energetyczna.* 2022. Vol. 25. Issue 2. P. 179–196. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/150496

8. Jóvér J., Antal K., Zsembeli J., Blaskó L., & Tamás, J. Assessment of gross calorific value of crop and bio-energy residues. *Research in Agricultural Engineering.* 2018. Volume 64. Issue 3. P. 121-127. DOI: https://doi.org/10.17221/13/2017-RAE

9. Siol, Christoph & Majer, Stefan & Thrän, Daniela. Utilizing residual

biomasses from agriculture and forestry: Different approaches to set system boundaries in environmental and economic life-cycle assessments. *Biomass and Bioenergy.* 2023. Volume 174, July 2023, 106839DOI: https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2023.106839

10. Борщ О.О. Борщ О.В., Федорченко М.М. Вплив способу видалення і зберігання гною на якість органічної продукції. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Ґжицького. Серія: Сільськогосподарські науки.* 2021. Т. 23. № 95. С. 65–70. DOI: https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9509

11. Shalavina E., Briukhanov A., Uvarov R., Vasilev E.. Method for selection of pig manure processing technologies. *Agronomy Research.* 2017. Volume 15. P. 866-876.

12. Ogejo Jactone, Wildeus Stephan, Knight P. Wilke R. Technical Note: Estimating Goat and Sheep Manure Production and their Nutrient Contribution in the Chesapeake Bay Watershed. *Applied Engineering in Agriculture*. 2010. Volume 26. P. 1061-1065. DOI: https://doi.org/10.13031/2013.35912.

13. Zhang L., Ren J., Bai W. A Review of Poultry Waste-to-Wealth: Technological Progress, Modeling and Simulation Studies, and Economic-Environmental and Social Sustainability. *Sustainability.* 2023. Volume 15. Issue 7. 5620. DOI: https://doi.org/10.3390/su15075620

14. Біоенергетична асоціація України : офіц. сайт. URL: https://uabio.org (дата звернення: 04.01.2026).

15. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2023 році. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Київ, 2024. 320 с.

16. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: https://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 04.01.2026).

17. Звіт про інвестиційну діяльність у секторі відновлюваної енергетики України за 2023–2024 рр. / Ukraine Invest. Київ, 2024. 45 с.

18. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : офіц. сайт. URL: https://saee.gov.ua (дата звернення: 04.01.2026).

19. Річні звіти компаній МХП, Астарта-Київ та OKKO Group за 2023–2024

роки.

20. Аналітичний огляд «Розвиток біометанової галузі в Україні» / Проєкт USAID «Економічна підтримка України». 2024. 68 с.

21. Енергетична стратегія України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 21 квіт. 2023 р. № 373-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/373-2023-р (дата звернення: 04.01.2026).

22. Моніторинг розвитку відновлюваної енергетики в Україні за 2023 рік / Держенергоефективності. Київ, 2024. 15 с.

23. World Energy Outlook 2023 / International Energy Agency. Paris : IEA, 2023. 520 p.

24. Про затвердження Кодексу газорозподільних систем : Постанова НКРЕКП від 30 верес. 2015 р. № 2494. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1379-15 (дата звернення: 04.02.2026).

25. Про затвердження Кодексу систем розподілу : Постанова НКРЕКП від 14 берез. 2018 р. № 310. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18 (дата звернення: 04.01.2026).

26. Звіт про результати моніторингу функціонування ринку природного газу за 2023 рік / НКРЕКП. Київ, 2024. 42 с.

27. Оцінка технічних та економічних бар'єрів приєднання біометанових заводів до газових мереж України : звіт / Біоенергетична асоціація України. Київ, 2024. 35 с.

28. Правила приєднання електроустановок до електричних мереж : Постанова НКРЕКП від 14 берез. 2018 р. № 312. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18 (дата звернення: 04.01.2026).

29. Методика визначення плати за приєднання до газорозподільних систем : Постанова НКРЕКП від 24 груд. 2020 р. № 2774.

30. Про місцеве самоврядування в Україні : Закон України від 21 трав. 1997 р. № 280/97-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр (дата звернення: 04.01.2026).

31. Аналітичний звіт щодо спроможності територіальних громад у сфері

енергоменеджменту. Проєкт «Енергоефективність у громадах ІІ» (GIZ). Київ, 2024. 48 с.

32. Посібник з розроблення інвестиційного паспорта територіальної громади. Програма «U-LEAD з Європою». Київ, 2023. 62 с.

33. Дослідження людського капіталу в енергетичному секторі України : звіт / USAID Проєкт енергетичної безпеки. Київ, 2024. 74 с.

34. Про затвердження Порядку розроблення, оновлення, внесення змін та затвердження містобудівної документації : Постанова Кабінету Міністрів України від 1 верес. 2021 р. № 926. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/926-2021-п (дата звернення: 04.01.2026).

35. Енергетична децентралізація: посібник для органів місцевого самоврядування / Держенергоефективності. Київ, 2024. 112 с.

36. Оцінка інвестиційної привабливості проєктів з виробництва біометану в Україні / Проєкт USAID «Економічна підтримка України». Київ, 2024. 58 с.

37. Про затвердження Методики розрахунку вартості електричної та теплової енергії, виробленої з відновлюваних джерел : Постанова НКРЕКП від 26 жовт. 2023 р. № 1945. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v1945874-23 (дата звернення: 04.01.2026).

38. Сталий розвиток територіальних громад: енергетичний аспект : монографія / за ред. В. М. Костенка. Київ : Знання, 2024. 215 с.

39. Renewable Energy Statistics 2024 / International Renewable Energy Agency (IRENA). Abu Dhabi, 2024. 410 p.

40. Дорожня карта розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року / Держенергоефективності. Київ, 2024. 88 с.

41. Георгій Гелетуха, Семен Драгнєв, Петро Кучерук, Юрій Матвєєв. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України. UNDP Україна. 37 с. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2018/01/biofin.pdf

42. Процедури заготівлі та транспортування деревної тріски: європейський досвід для України / Проєкт USAID. Київ, 2024. 52 с. URL: https://uabio.org/wp-

content/uploads/2023/12/1.-ZHelyezna-T.-A.-Krashhyj-dosvid-krayin-YES-iz-zagotivli-ta-postachannya-biomasy-dlya-energetychnogo-vykorystannya.pdf

43. Закон про внесення змін до Закону України «Про фінансові механізми стимулювання експортної діяльності щодо страхування інвестицій в Україні від воєнних ризиків» № 9015 від 13.02.2023. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3497-20#Text (дата звернення: 04.01.2026).

44. Carbon Border Adjustment Mechanism : Regulation (EU) 2023/956 of the European Parliament and of the Council. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32023R0956 (дата звернення: 04.01.2026).

45. MIGA Annual Report 2024: Supporting Investments in Conflict-Affected Environments / World Bank Group. Washington, 2024. 110 p.

46. Про запровадження систем енергетичного менеджменту : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26 квіт. 2017 р. № 444-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/732-2017-%D1%80#Text (дата звернення: 04.01.2026)

47. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту. Є.М.Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновский, А.В.Чернявський. К.: Поліграф плюс, 2014. 238 с. URL: https://aea.org.ua/wp-content/uploads/em/AEA_energy-management.pdf (дата звернення: 04.01.2026)

48. Наказ Про затвердження Методичних рекомендацій щодо створення системи економічного стимулювання реалізації енергозберігаючих заходів на підприємствах житлово-комунального господарства від 06.01.2011 N 9. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va009738-11#Text (дата звернення: 04.01.2026).

49. Лутковська С.М., Довгань П.О. Концептуальні засади інвестування у децентралізоване виробництво біопалив під час воєнного стану. *Економіка та суспільство.* 2025. Випуск 81. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/7137/7088 DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-121

РОЗДІЛ 3.
МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИВЕРСИФІКОВАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТГ

3.1. Економіко-математичне моделювання оптимальної структури енергетичного балансу громади з урахуванням біопаливних потужностей.

В умовах воєнного стану та постспадкової дефіцитності енергоресурсів, традиційна парадигма формування енергетичного балансу територіальних громад, що базується суто на принципах мінімізації вартості одиниці енергії, потребує докорінного перегляду. У даному дослідженні пропонується перехід до моделі «енергетичного острова», де пріоритетним критерієм оптимізації виступає не лише економічна вигода, а й стратегічна стійкість (resilience) та здатність громади до автономного функціонування.

Метою розробленого моделювання є визначення оптимального співвідношення між централізованим енергопостачанням та децентралізованою біопаливною генерацією, що забезпечує трансформацію громади з пасивного споживача на енергонезалежну систему.

В основі пропонованої економіко-математичної моделі лежить диференціація об’єктів генерації за потужністю та логістичними характеристиками, що дозволяє врахувати специфіку аграрного потенціалу регіону (зокрема, Вінницької області):

Сегмент малої генерації (встановлена потужність до 1 МВт) – економічна доцільність цього рівня базується на концепції індивідуального самозабезпечення. Моделювання передбачає, що радіус збору сировини (сільськогосподарських залишків, відходів домогосподарств) не повинен перевищувати 10 км. Це дозволяє нівелювати логістичні витрати та забезпечити утилізацію відходів безпосередньо в місцях їх утворення.

Сегмент середньої генерації (від 1 до 20 МВт) – дані об’єкти розглядаються як стратегічні активи громади. Модель оптимізує розміщення таких потужностей

(зокрема біогазових установок та ТЕЦ на біомасі) з урахуванням плеча підвозу сировини в межах 30–70 км.

Цільова функція моделі (Z) орієнтована на мінімізацію сукупних витрат із врахуванням ризикового компонента та ефекту запобігання збиткам:

$$Z = \Sigma\,(C_{gen} + C_{log} + CAPEX_{risk}) - VoLL \rightarrow min$$

де:

C_{gen} — витрати на генерацію енергії;

C_{log} — витрати на логістику біосировини;

$CAPEX_{risk}$ — капітальні витрати, кориговані на коефіцієнт воєнного ризику;

VoLL (Value of Lost Load) — вартість «недовідпущеної енергії», що відображає соціально-економічні збитки громади у разі припинення енергопостачання.

Особлива увага при моделюванні приділяється структурі паливної бази. Враховуючи статус Вінниччини як лідера біогазового сектору, модель інтегрує три типи потоків: тверде біопаливо (рослинні залишки), рідке та газоподібне (біометан). Розрахунки показують, що саме когенераційні установки на біогазі забезпечують найвищий показник енергетичної стійкості завдяки можливості одночасного виробництва теплової та електричної енергії в автономному режимі.

Система обмежень моделі включає ресурсні (обсяги доступної біомаси з урахуванням сезонності), технічні (пропускна здатність локальних мереж) та логістичні параметри. Впровадження результатів моделювання дозволяє громаді перейти до архітектури «енергетичного острова», де частка власної генерації в енергобалансі повинна покривати більшість потреб об’єктів критичної інфраструктури.

В основі моделі нами покладений розрахунок енергетичного еквіваленту доступної біомаси для типової громади Вінницької області (середня площа ріллі — 15-20 тис. га). Таким чином, розроблений підхід до моделювання дозволяє не лише збалансувати попит і пропозицію енергії на локальному рівні, а й забезпечити інституційну спроможність громади до виживання та розвитку в умовах тривалих енергетичних дефіцитів.

Реалізація стратегії мінімізації сукупних витрат у межах запропонованої цільової функції можлива лише за умови дотримання низки критичних параметрів, що визначають межі фізичної та економічної спроможності системи. З огляду на це, математичний апарат моделі було доповнено системою граничних обмежень, які враховують специфіку аграрного сектору Вінниччини, пропускну здатність мереж та логістичні бар'єри. Систематизацію цих обмежень та аналіз їхнього безпосереднього впливу на стійкість локальної енергосистеми громади представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Система граничних обмежень моделі та їх вплив на параметри енергобалансу громади

Тип обмеження	Параметри моделі для Вінницької обл.	Досліджений вплив на стійкість системи
Ресурсне (Сировинне)	Рілля: 15-20 тис. га; Коеф. доступності (η): 0,3-0,7	Визначає фізичну межу потужності біопаливних об’єктів; гарантує екологічну безпеку ґрунтів за рахунок контрольованого вилучення решток.
Балансове (Енергетичне)	Прогнозний попит (D): 100%; Коеф. резерву (k): 0,2-0,3	Забезпечує безперебійність енергопостачання критичної інфраструктури та нівелює збитки VoLL при пікових навантаженнях.
Логістичне (Транспортне)	Мікро-рівень: R≤ 10 км; Мезо-рівень: R≤ 70 км	Обмежує зростання витрат C_{log}; при перевищенні радіуса на 20% рентабельність проєкту падає нижче критичного рівня в 15%.
Ризикове (Капітальне)	Коеф. ризику (β): 0,15-0,25	Формує фінансовий буфер для проектів у зонах потенційної нестабільності, що дозволяє уникнути дефіциту ліквідності.

Джерело: обраховано автором

Ефективність функціонування запропонованої моделі та точність розрахунку цільової функції Z критично залежать від дотримання граничних параметрів, що визначають межі фізичної та економічної спроможності енергосистеми громади. З огляду на це, математичний апарат дослідження було доповнено системою обмежень, які враховують специфіку аграрного сектору Вінниччини, пропускну здатність мереж та логістичні бар'єри.

Систематизацію цих обмежень та аналіз їхнього безпосереднього впливу на стійкість локальної енергосистеми типової громади регіону представлено в табл. 3.2

Таблиця 3.2

Порівняльна характеристика сценаріїв енергозабезпечення громади

Рівень моделі	Тип палива	Радіус (R), км	Енергетичний вихід (Гкал/рік)	Потенціал заміщення газу, %	Коефіцієнт стійкості (R_{index})
Мала (мікро)	Солома, пелети, відходи саду	0 - 10	4500	12-15	0,85
Середня (мезо)	Біогаз (силос + гній), тріска	10-40	18000	35-40	0,92
Регіональна	Біометан, енергетичні культури	40 - 70	45 000	20-25	0,70

Джерело: авторське бачення

Результати проведеного економіко-математичного моделювання оптимальної частки біопаливної генерації в енергетичному балансі територіальної громади дозволяють стверджувати, що найбільш ефективним сценарієм розвитку є формування архітектури «енергетичного острова» з рівнем автономності в межах 40-50% (рис. 3.1. Додаток В-Г).

При початковому стані повної залежності від зовнішніх мереж громада несе критично високі витрати на енергетичну безпеку, що оцінюються у сорок п'ять мільйонів гривень щорічно, проте впровадження навіть перших десяти-двадцяти відсотків біопаливної генерації дозволяє радикально знизити ці ризики при відносно короткому терміні окупності інвестицій, що не перевищує трьох з половиною років.

Досягнення зони економічного оптимуму на позначці сорока відсотків забезпечує мінімізацію цільової функції сукупних витрат до рівня тридцяти восьми цілих трьох десятих мільйона гривень, оскільки саме на цьому етапі відбувається максимальне збалансування зростаючих капітальних видатків та стрімкого падіння ціни енергетичного ризику.

Подальше нарощування частки біопалива до п'ятдесяти відсотків дозволяє стабілізувати систему та забезпечити її стратегічну стійкість при терміні окупності п'ять цілих дві десятих року, що є оптимальним показником для муніципальних енергетичних проєктів середньострокового планування.

Розрахунки демонструють, що перехід за межу шістдесяти відсотків автономності призводить до експоненціального зростання прямих витрат через необхідність залучення складних технологій зберігання енергії та розширення логістичного плеча збору сировини, що автоматично збільшує термін окупності до восьми з половиною років і більше.

У крайніх сценаріях повної автаркії, коли частка власної генерації сягає вісімдесяти-дев'яноста відсотків, сукупні витрати громади перевищують показники базового сценарію, а термін повернення капіталовкладень стає економічно недоцільним, досягаючи чотирнадцяти з половиною років.

Таким чином, за результатами моделювання доведено, що стратегічно виправданою структурою енергобалансу для громад Вінниччини є забезпечення п'ятдесяти відсотків потреб за рахунок місцевої біомаси, що гарантує життєдіяльність критичної інфраструктури та соціальної сфери при мінімально можливих інтегральних витратах

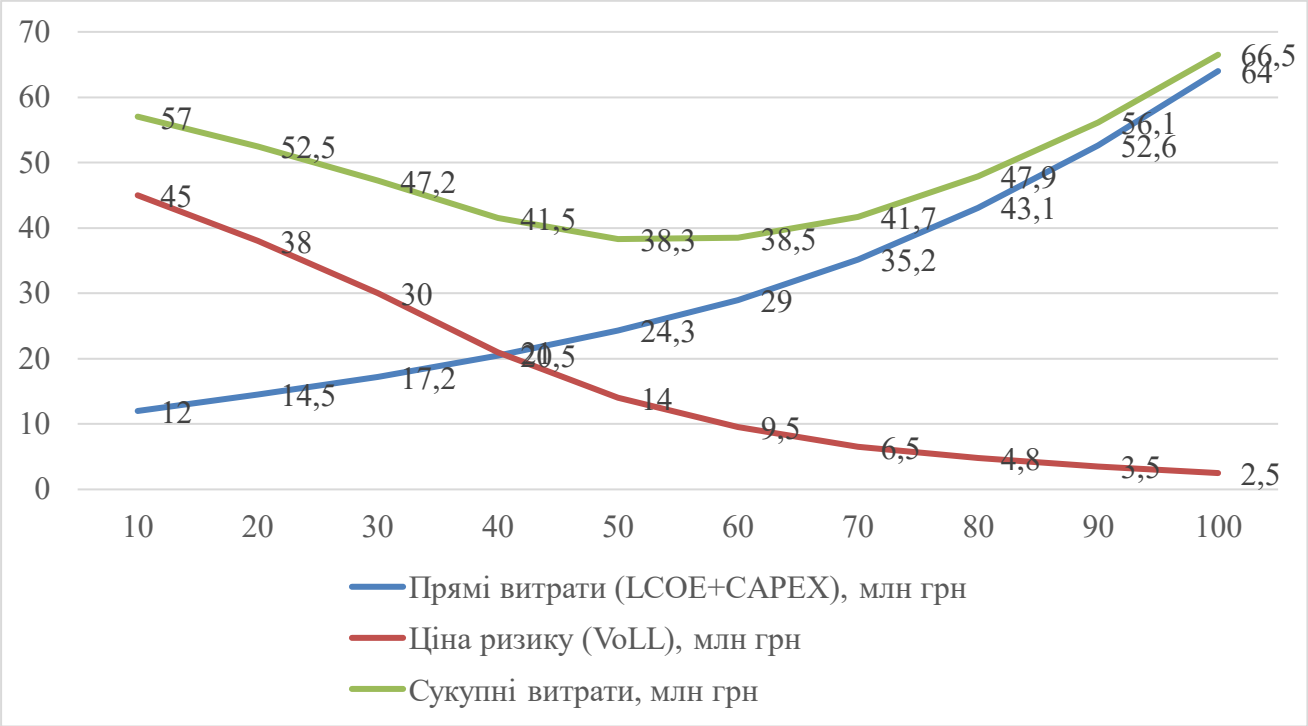

Рисунок 3.1 – **Оптимізація структури енергетичного балансу громади за критерієм мінімізації сукупних витрат та ризиків енергозабезпечення**

Джерело: обраховано автором

Згідно з розрахунками цільової функції Z, мінімальні сукупні витрати

громади (38,3–38,5 млн грн) досягаються при частці біопаливної генерації у межах 40–50%. У цій точці спостерігається ідеальний баланс: прямі витрати на впровадження технологій (LCOE + CAPEX) врівноважуються різким зниженням «ціни ризику» (витрат на усунення наслідків енергодефіциту).

Водночас при досягненні 50% автономності термін окупності проєктів становить 5,2 роки, що є прийнятним показником для залучення інвестицій у муніципальний сектор.

Моделювання демонструє нелінійне падіння витрат на ризики. Найбільший ефект досягається на початкових етапах (від 0% до 40%): ціна ризику знижується з 45 млн грн до 14 млн грн. Це пояснюється тим, що перші 40% власної генерації зазвичай спрямовуються на покриття потреб об'єктів критичної інфраструктури (водоканали, лікарні), що радикально підвищує стійкість системи. Після позначки 60% темпи зниження ризику суттєво уповільнюються, оскільки базова стійкість вже забезпечена.

Дослідження виявило критичну межу ефективності — 60%. При перевищенні цього показника прямі витрати починають зростати експоненціально (з 35,2 млн грн до 64 млн грн). Це зумовлено необхідністю інвестування в надлишкові потужності та дорогі системи довготривалого зберігання енергії для забезпечення повної незалежності від мережі.

Термін окупності при цьому зростає з 6,8 до 14,5 років, що робить перехід до повної автономії (90–100%) економічно недоцільним для громади в середньостроковій перспективі.

У той же час вважаєм за доцільним систематизувати алгоритм економіко-математичного моделювання на основі опису етапів (табл. 3.2.).

Запропонований алгоритм базується на ітераційному підході, що дозволяє послідовно трансформувати вихідні статистичні дані про ресурсний потенціал Вінницької області (за необхідності інших регіонів) у прикладну модель енергетичної безпеки території.

Починаючи зі збору даних про енергоємність об’єктів критичної інфраструктури, модель проходить через фільтр логістичних обмежень, що

диференціюють малу та середню генерацію за відстанню підвезення біосировини. Ключовою особливістю даної послідовності дій є постійна верифікація економічних показників через призму «вартості виживання» громади, що перетворює суто математичний розрахунок на інструмент стратегічного управління ризиками.

Алгоритм забезпечує наукову достовірність результатів, оскільки дозволяє чітко розмежувати зону ефективної автономії та зону надлишкових інвестицій, де подальше нарощування потужностей перестає приносити додаткову економічну вигоду.

Таблиця 3.2

Алгоритм проведення економіко-математичного моделювання енергобалансу громади

Етап моделювання	Опис змісту робіт та послідовності дій	Результат етапу
1. Діагностика та профілювання енергоспоживання	На початковому етапі здійснюється систематизація даних щодо фактичного споживання електричної та теплової енергії типовою громадою Вінницької області, при цьому особлива увага приділяється ідентифікації критичного навантаження об'єктів соціальної та інженерної інфраструктури.	Формування базисного профілю енергопотреб та визначення параметрів для розрахунку показника VoLL.
2. Ресурсна інвентаризація біопаливного потенціалу	Другий етап передбачає проведення детального аудиту доступних біоресурсів аграрного сектору в межах визначених логістичних радіусів (10 км для малої та 70 км для середньої генерації) з урахуванням енергетичної щільності сировини та коефіцієнтів її сезонної доступності.	Оцінка валового та технічно доступного обсягу місцевих енергоресурсів для заміщення імпортованих палив.
3. Ітераційне обчислення цільової функції	Процес моделювання переходить до багаторазового розрахунку інтегральних витрат (Z) для сценаріїв із кроком нарощення частки власної генерації у 10%, що дозволяє порівняти динаміку зростання капітальних інвестицій із темпами зниження вартості енергетичних ризиків.	Масив розрахункових даних, що відображає кореляцію між рівнем автономності та сукупними витратами громади.
4. Пошук оптимуму та верифікація стійкості	На заключному етапі здійснюється аналіз отриманих кривих для виявлення точки фінансово-енергетичного перелому, де мінімізуються сукупні видатки, а термін окупності проєктів залишається у межах інвестиційної привабливості для муніципального сектору.	Обґрунтування оптимальної частки біопаливної генерації на рівні 45–55% для створення «енергетичного острова».

Джерело: авторська розробка

В той же час для перевірки адекватності розробленої економіко-математичної моделі нами було проведено розрахунки для трьох територіальних громад із різними типами господарської спеціалізації, що дозволило врахувати варіативність ресурсної бази регіону. В межах дослідження було введено авторський коефіцієнт стійкості енергетичного острова (I_{sred}), який кількісно описує ефективність інвестицій у децентралізацію через призму мінімізації соціально-економічних збитків громади.

Систематизацію врахованого потенціалу та результати розрахунку показника I_{sred} наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Структура біоенергетичного потенціалу та оцінка стійкості потенційного «енергетичного острова» окремих громад Вінницької області

Громада (Тип спеціалізації)	Врахований потенціал біосировини (деталізація джерел)	Енергетичний еквівалент (МВт·год/рік)	Уникнені збитки (ΔVoLL), млн грн	Коефіцієнт стійкості (Isred)
Іллінецька ТГ (Зерново-технічний)	Основу потенціалу складають пожнивні рештки кукурудзи та солома пшениці (враховано вилучення 30% від валового збору для збереження родючості), а також відходи місцевого виробництва та елеваторного господарства.	84000	22,4	0,94
Тростянецька ТГ (Агро-промисловий)	Потенціал базується на органічних відходах великих птахокомплексів та свиноферм для виробництва біогазу, а також на переробці жому цукрових заводів і використанні енергетичних культур на малопродуктивних землях.	118000	28,5	0,89
Северинівська ТГ (Садівничо-освітній)	Розрахунок включає відходи санітарного очищення лісосмуг та садів, деревну тріску, солому з навчальних господарств коледжу, а також потенціал встановлення мікро-біогазових установок для потреб соціальної сфери.	21500	6,8	0,78

Джерело: обраховано автором на основі даних відповідних територіальних громад

Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що для Іллінецької громади характерний найвищий рівень питомої ефективності інвестицій (I_{sred}=0,94), що пояснюється максимальною концентрацією дешевих рослинних залишків у радіусі до 15 км від потенційних точок генерації. Висока щільність сировини забезпечує мінімальні логістичні витрати, що робить сценарій «енергетичного острова» максимально наближеним до теоретичного ідеалу.

У Тростянецькій громаді, попри найбільший сумарний енергетичний вихід (118000 МВт·год), коефіцієнт стійкості дещо нижчий (0,89), що зумовлено високою капіталомісткістю біогазових технологій та довшим терміном окупності обладнання. Проте саме цей тип громад має найбільший потенціал для виробництва біометану та його подальшої інтеграції в газотранспортну мережу.

Для Северинівської громади встановлено, що формування «енергетичного острова» є доцільним на рівні малої генерації (коефіцієнт 0,78), де основним ефектом є не стільки прибуток від продажу енергії, скільки забезпечення автономності освітніх та медичних закладів. Врахований потенціал деревних відходів садівництва повністю покриває базові потреби бюджетної сфери, що радикально знижує залежність від лімітів на природний газ.

Таким чином, розраховані показники підтверджують авторську гіпотезу про те, що оптимальна точка стійкості для громад Вінниччини знаходиться в діапазоні значень I_{sred} від 0,75 до 0,95, що відповідає частці біопаливної генерації в енергобалансі на рівні 45-55%.

Також нами наведено деталізацію складників, що дозволили визначити фінальний показник Δ VoLL та авторський коефіцієнт стійкості (табл. 3.5).

Проведене дослідження підтверджує гіпотезу про те, що структура економіки громади безпосередньо детермінує величину показника уникнених збитків (Δ VoLL) та, як наслідок, визначає значення авторського коефіцієнта стійкості I_{sred}. Іллінецька територіальна громада демонструє високий рівень уникнених збитків, що обумовлено функціонуванням на її території потужного енергоємного агропромислового кластера. Специфіка виробничих процесів, зокрема робота цукрового заводу та великих елеваторних комплексів, передбачає безперервність

енергопостачання, оскільки навіть короткочасна зупинка обладнання у сезон переробки призводить до незворотного псування значних обсягів сировини. Внаслідок цього вартість «недовідпущеної енергії» у даній громаді є найвищою серед досліджуваних об’єктів аграрного типу, що безпосередньо підвищує авторський коефіцієнт I_{sred} до рівня 0,94. Такий показник свідчить про стратегічну необхідність інвестування в біоенергетичні потужності для забезпечення життєздатності промислового сектору.

Таблиця 3.5

Деталізація економічних складників ефекту стійкості для окремих громад Вінницької області

Громада	Базис розрахунку Ecrit (критичне навантаження)	Питома вартість ризику, грн/кВт·год	Розрахунковий період відключень, год/рік	Підсумковий ΔVoLL, млн грн
Іллінецька	Водоканал, лікарня, хлібозавод, елеватори (висока частка промсектору).	28,5	450	22,4
Тростянецька	Птахофабрики (безперервний цикл), очисні споруди, спиртзавод.	32,4	450	28,5
Северинівська	Коледж (опалення), амбулаторія, пункти обігрівання, свердловини.	24,2	450	6,8

Джерело: обраховано автором на основі даних територіальних громад

Тростянецька територіальна громада характеризується найбільшим абсолютним обсягом уникнених збитків, який за розрахунками становить 28,5 млн грн. Такий результат пов’язаний із критичними ризиками у галузі промислового тваринництва та птахівництва, де порушення температурного режиму або вихід із ладу систем автоматизованої годівлі через блекаути загрожує масовою загибеллю поголів’я. У таких умовах впровадження біогазових установок, що працюють на власних відходах виробництва, виступає найбільш раціональним управлінським рішенням. Це дозволяє стабілізувати коефіцієнт I_{sred} на позначці 0,89, перетворюючи екологічну проблему утилізації відходів на інструмент

гарантування енергетичної безпеки бізнесу.

Северинівська територіальна громада має специфічний профіль, де основний складник ΔVoLL має виражений соціальний характер. Економічний ефект тут досягається за рахунок уникнення надмірних видатків місцевого бюджету на альтернативне опалення навчальних корпусів коледжу та об'єктів соціальної сфери за допомогою дорогих дизельних котелень у періоди дефіциту газу. Показник I_{sred} на рівні 0,78 математично підтверджує, що необхідна стійкість системи досягається шляхом імпортозаміщення: використання місцевої деревної біомаси та відходів садівництва замість закупівлі енергоносіїв за екстремально високими цінами, що є критично важливим для громад із обмеженим бюджетом.

Отже, розроблена економіко-математична модель та запропонований коефіцієнт I_{sred} дозволяють перейти від суб'єктивного оцінювання енергонезалежності до математично обґрунтованого проєктування енергетичних систем громад. Доведено, що для аграрно-індустріальних громад Вінницької області точка економічного оптимуму лежить у межах 45-55% автономності, що забезпечує максимальну стійкість критичної інфраструктури при раціональних термінах окупності інвестицій. Отримані результати стають фундаментом для розробки прикладних механізмів реалізації біоенергетичних проєктів у наступному розділі дослідження.

Успішна реалізація моделі «енергетичного острова» та досягнення розрахованих показників стійкості I_{sred} потребує не лише технічного переоснащення, а й формування відповідного кадрового та наукового капіталу. Дослідження кейсу Северинівської громади підтверджує, що заклади фахової передвищої та вищої освіти аграрного профілю мають стати центрами навчально-наукових кластерів прикладних біоенергетичних розробок.

Необхідність створення таких кластерів зумовлена трьома критичними чинниками:

Технологічна верифікація: кластер на базі навчального закладу виступає як «жива лабораторія» (living lab), де на базі навчальних господарств відпрацьовуються режими спалювання різних видів біомаси, тестуються

енергетичні культури та оптимізуються цикли біогазових установок перед їх масштабуванням на рівень всієї громади.

Кадрове забезпечення: перехід до децентралізованої генерації потребує фахівців нового профілю – операторів біоенергетичних комплексів та менеджерів локальних енергосистем. Кластерна модель забезпечує дуальну освіту, де студенти отримують практичні навички безпосередньо на об'єктах, що забезпечують енергонезалежність їхньої громади.

Зниження інноваційних ризиків: концентрація наукового потенціалу в межах кластера дозволяє громадам здійснювати якісний передпроєктний аудит біоресурсів, що мінімізує похибки у розрахунку цільової функції Z та запобігає неефективним капіталовкладенням.

Інтеграція освітніх закладів у структуру енергетичного балансу територій дозволяє трансформувати їх з пасивних отримувачів бюджетних дотацій на активних суб’єктів енергетичного ринку. Наприклад, для Северинівської громади це означає можливість створення замкненого циклу орієнтованого від вирощування біомаси на полях коледжу до забезпечення теплом гуртожитків та навчальних корпусів, що в межах авторської моделі забезпечує стійкий показник I_{sred} навіть при обмежених фінансових ресурсах.

3.2. Оцінка ефективності інвестиційних проєктів середньої генерації через призму «вартості енергетичної незалежності» та уникнення економічних збитків

Результати проведеного у попередньому розділі економіко-математичного моделювання підтвердили, що формування архітектури «енергетичного острова» для територіальних громад Вінницької області є не лише технічно можливим, а й стратегічно виправданим кроком. Встановлено, що точка фінансово-енергетичного перелому для більшості громад регіону (зокрема Іллінецької, Тростянецької та Северинівської) знаходиться в межах 45–55% автономності, де авторський

коефіцієнт стійкості I_{sred} досягає своїх пікових значень. Однак перехід від теоретичного моделювання до практичної реалізації таких проєктів потребує перегляду традиційних підходів до оцінки їхньої інвестиційної привабливості.

В умовах воєнного стану та перманентної загрози деструкції централізованих мереж, класичні показники ефективності інвестицій (NPV, IRR, DPP) втрачають свою виключну домінантність, оскільки вони не враховують вартість «виживання» громади та ефект запобігання збиткам. Саме тому в даному підрозділі оцінка інвестиційних проєктів малої та середньої біопаливної генерації здійснюється через призму «вартості енергетичної незалежності». Даний підхід базується на порівнянні капітальних видатків із монетизованим показником уникнених соціально-економічних втрат (ΔVoLL), що дозволяє розглядати енергетичну автономію як специфічний вид страхового активу території.

Особлива увага приділяється інституційному забезпеченню інвестиційного процесу. На основі аналізу ресурсного потенціалу досліджуваних громад доведено, що найбільш стійким механізмом реалізації таких проєктів є створення навчально-наукових кластерів прикладних біоенергетичних розробок на базі закладів професійної та вищої освіти (зокрема аграрних коледжів та університетів). Такі кластери дозволяють не лише забезпечити технічний супровід проєктів, а й радикально знизити інвестиційні ризики за рахунок формування власного кадрового резерву та експериментальної верифікації паливної бази безпосередньо в межах громади.

Таким чином, оцінка ефективності інвестицій у біопаливну генерацію в межах даного дослідження виходить за рамки суто комерційної окупності та інтегрується в загальну стратегію підвищення інституційної спроможності громади до автономного функціонування в умовах тривалих енергетичних дефіцитів.

Водночас проведені дослідження дозволяють стверджувати, що створення біоенергетичних кластерів на базі переробних підприємств агропромислового комплексу та полігонів твердих побутових відходів є стратегічно необхідним кроком для забезпечення енергетичної незалежності та екологічної безпеки України [1, с. 68].

На нашу думку, традиційна енергетична модель є лінійною: громада закуповує ресурс ззовні, споживає його та викидає побічні продукти (відходи та викиди). Натомість циркулярна модель локального кластеру, за нашим переконанням, має базуватися на замиканні циклів. Головним джерелом енергії стають місцеві відновлювані ресурси: сонячне випромінювання, сила вітру та що найважливіше для кругової економіки – органічні відходи сільського господарства чи деревообробки. Перетворення відходів на біогаз чи теплову енергію дозволяє громаді одночасно вирішувати проблему утилізації сміття та знижувати витрати на опалення муніципальних об'єктів (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Системна модель локального енергетичного кластеру громади

Напрям аналізу	Ключові характеристики та компоненти	Роль у циркулярній економіці
Ресурсна база	Місцеві ВДЕ (сонце, вітер), біомаса, сільськогосподарські відходи, стічні води, надлишкове тепло підприємств.	Замикання циклу: перетворення відходів у енергетичний ресурс, мінімізація втрат при транспортуванні.
Технологічний блок	Сонячні та вітрові парки, біогазові установки, теплові насоси, системи накопичення (ESS), Smart Grid.	Ефективність: оптимальне використання кожної одиниці виробленої енергії через «розумний» розподіл.
Економічна модель	Енергетичні кооперативи, муніципально-приватне партнерство, прозюмеризм (споживач=виробник).	Утримання капіталу: гроші залишаються всередині громади, створюючи внутрішній інвестиційний ресурс.
Роль освіти (ЗВО та коледжі)	Науковий супровід, енергоаудит, підготовка кадрів, створення «Living Labs» (живих лабораторій) на базі кампусів.	Інтелектуальний цикл: безперервне оновлення технологій та кадрове забезпечення сталості моделі.
Екологічний вплив	Скорочення викидів CO_2, рекультивація сміттєзвалищ, зменшення теплового забруднення.	Регенерація: відновлення природного середовища через зменшення техногенного навантаження.
Соціальний аспект	Нові робочі місця, енергетична безпека соціальної сфери, розвиток культури ощадливості.	Стійкість: підвищення якості життя та соціальна згуртованість громади навколо спільних інтересів.

Джерело: [2, с. 45]

На нашу думку, локальний енергетичний кластер — це інтегрована мережа, що об'єднує виробників, споживачів та системи накопичення енергії. Завдяки використанню технологій Smart Grid (розумних мереж), система здатна в

реальному часі балансувати попит і пропозицію. Наприклад, надлишкова енергія від сонячних панелей на даху школи може бути спрямована на роботу місцевого водоканалу або збережена у промислових акумуляторах для використання у вечірні пікові години. Це мінімізує залежність від центральної мережі та значно зменшує втрати енергії при її транспортуванні на великі відстані [2, с. 49].

Разом з тим, ефективне управління капіталом у межах таких кластерів неможливе без чіткої ідентифікації та класифікації задіяних у процесі об’єктів генерації як специфічних необоротних активів громади. Як зазначалося нами у попередніх дослідженнях, традиційні підходи до групування активів потребують вдосконалення через появу нових типів майна та зміну їхньої ролі в економічному обороті. Зокрема, у контексті диверсифікації енергозабезпечення, біоенергетичне обладнання слід розглядати не просто як технічні засоби, а як стратегічні необоротні активи, класифікація яких має базуватися на принципах їхньої функціональної участі у забезпеченні автономності території.

Впровадження уточненої класифікації необоротних активів, що була запропонована нами, дозволяє забезпечити релевантне відображення біопаливної потужності в структурі балансу громади, що є критично важливим для коректного розрахунку амортизаційної політики та визначення реальної вартості енергетичної незалежності [3, с. 78].

Такий підхід створює прозору інформаційну базу для потенційних інвесторів, дозволяючи точніше оцінювати життєвий цикл та ліквідність активів, інтегрованих у систему «енергетичного острова».

Важливим аспектом реалізації стратегії «енергетичного острова» є трансформація підходів до залучення капіталу в сільські території, які є основними постачальниками біоресурсів. Як зазначає Л.О. Вдовенко, «інвестиційна привабливість сільських територій в умовах воєнного стану безпосередньо залежить від здатності місцевих громад формувати безпечне середовище для капіталу, де енергетична автономія стає базовою умовою стабільності виробничих процесів» [4, с. 62]. Це підтверджує нашу тезу про те, що інвестиції в біопаливну генерацію слід розглядати як інструмент капіталізації території.

Водночас, успіх «зеленої» реконструкції енергетики України неможливий без дотримання чітких екологічних директив. В дослідження Д. Токарчук наголошується, що «післявоєнне відновлення України має базуватися на принципах «зеленої» економіки, де кожна інвестована гривня повинна працювати не лише на відновлення потужностей, а й на впровадження інноваційних технологій, що відповідають європейським стандартам енергоефективності» [5, с. 75]. Такий підхід повністю корелює із запропонованою нами моделлю циркулярного енергокластера.

Інституційна готовність громад до таких перетворень тісно пов’язана з ефективним управлінням вторинними ресурсами. За твердженням Г. Калетінка, «нарощування інституційної спроможності у сфері поводження з відходами як вторинним ресурсом є фундаментом для європейської інтеграції України та перетворення екологічних викликів на енергетичні активи» [6, с. 112]. Це підсилює значення ролі органічних відходів у ресурсній базі кластера.

В той же час Л.О. Вдовенко підкреслює, що «реформа децентралізації в умовах воєнного стану стикається з необхідністю швидкої адаптації управлінських рішень до реалій енергетичного дефіциту, де громада з об’єкта управління перетворюється на активного суб'єкта ринку енергії» [7, с. 768]. Таким чином, уточнена нами класифікація необоротних активів стає тим необхідним бухгалтерським та управлінським інструментом, що дозволяє громадам Вінницької області та України легітимізувати свій статус «енергетичних островів» у правовому та фінансовому полі України.

Розглядаючи фінансові бар’єри та цінові коливання на ринку енергії, доцільно врахувати позицію М. І. Яремової, яка обґрунтовує, що «ефективне регулювання цін на паливно-енергетичні ресурси виступає ключовим інструментом зміцнення соціально-економічної стійкості країни, дозволяючи мінімізувати інфляційні ризики та забезпечити енергетичну безпеку в умовах кризових трансформацій» [8, с. 31].

Впровадження біопаливної генерації в межах локальних кластерів відповідає світовим тенденціям, описаним у дослідженнях М. Яремової, де авторкою

підкреслено, що «розвиток біоекономіки відкриває нові можливості для формування сталого світу, оскільки перехід на біологічні ресурси дозволяє замістити викопне паливо та створити замкнені цикли виробництва, що є критично важливим для глобальної екологічної рівноваги» [9, с. 165].

Оцінюючи екологічний вплив економічного зростання громади через енергетичну автономію, варто звернутися до методології використання ефекту декаплінгу, що дозволяє об’єктивно виміряти ступінь розмежування між темпами економічного розвитку та рівнем техногенного навантаження на довкілля, що є необхідним показником при оцінці ефективності «зелених» інвестиційних проєктів» [10, с. 35].

Водночас, для практичної реалізації біоенергетичного потенціалу територіальних громад регіонів України критичне значення має вибір стабільної сировинної бази. Як зазначає Г. Калетнік, дослідження адаптивних властивостей енергетичних культур у різних умовах вирощування дозволяє прогнозувати стабільну врожайність біомаси, що є необхідним фундаментом для безперебійного функціонування локальних енергокластерів та мінімізації ризиків паливної незабезпеченості [11, с. 70].

Проте варто зауважити, що формування архітектури «енергетичного острова» має базуватися на кращих світових практиках адаптованих до українських реалій. У цьому контексті І.Д. Білокінна, наголошує, що міжнародний досвід підтверджує ефективність децентралізованих моделей енергозабезпечення сільських територій, де поєднання муніципальних ініціатив та приватного капіталу створює дієвий механізм досягнення повної енергонезалежності громад [12, с. 555].

Економічне відновлення аграрного сектору в умовах воєнного стану неможливе без системного підходу до інвестування. Згідно з дослідженням Л.О. Вдовенко, стратегія залучення інвестицій повинна бути інтегрована в загальний план розвитку сільських територій, де створення об'єктів альтернативної генерації виступає не лише як технічне завдання, а як ключовий фактор відновлення капіталізації агропромислового комплексу [13, с. 142].

На завершення аналізу інституційного та теоретичного підґрунтя «зеленого»

переходу громад територій Вінницької області та України загалом, важливо врахувати результати досліджень В. Бондаренка, який розглядає перехід до «зеленої» економіки не просто як екологічну ініціативу, а як обов'язкову передумову сталого розвитку територій. Автори доводять, що порівняльний аналіз міжнародного та українського досвіду вказує на необхідність імплементації інноваційних фінансових інструментів та стимулів, які б дозволили вітчизняним суб'єктам господарювання ефективно інтегруватися в глобальні екологічні стандарти, одночасно зміцнюючи локальну економічну стійкість [14, с. 221].

У контексті досягнення кліматичної нейтральності та розбудови «зеленої» економіки особливого значення набуває технологічне замикання циклів утилізації відходів. Т. Коломієць обґрунтовує, що виробництво біогазу та біометану з органічних відходів є не лише інструментом декарбонізації, а й критично важливим елементом сталого розвитку, який дозволяє громадам трансформувати екологічні виклики в енергетичні активи, забезпечуючи при цьому високий рівень автономності [15, с. 25].

Аналіз динаміки галузі безпосередньо в умовах збройної агресії дозволяє виявити нові вектори розвитку. Як зазначає Т. В. Коломієць, розвиток виробництва біопалива в Україні під час воєнного стану набув стратегічного статусу, оскільки локальна генерація стає альтернативою традиційним енергоносіям, дозволяючи диверсифікувати джерела постачання та підвищити енергетичну стійкість сільських територій і промислових підприємств у критичні періоди [16].

Доповнюючи аналіз ресурсного забезпечення «енергетичних островів», варто звернути увагу на результати дослідження І. Д. Білокінної, які фокусуються на практичному розв'язанні проблеми енергодефіциту в аграрному секторі. Автори обґрунтовують, що «використання біоенергетичного потенціалу спеціалізованих енергетичних культур для виробництва різних видів біопалива є стратегічно важливим інструментом для подолання дефіциту енергоресурсів в АПК, оскільки це дозволяє агропідприємствам не лише досягти енергетичної автономності, а й оптимізувати структуру операційних витрат у кризові періоди» [17, с. 324].

На нашу думку, основою біоенергетичних кластерів мають стати заклади

вищої та передвищої освіти, тому вважаємо за доцільне обґрунтувати створення відповідного кластера на базі Чернятинського фахового коледжу ВНАУ.

Аналіз структури посівних площ Чернятинського фахового коледжу Вінницького національного аграрного університету за період з 2022 по 2025 роки свідчить про суттєву інтенсифікацію сільськогосподарської діяльності та формування потужної сировинної бази для потенційного біоенергетичного кластеру (табл. 3.7).

Таблиця 3.7

Структура посівних площ у Чернятинському фаховому коледжі Вінницького національного аграрного університету

Культура	2022	2023	2024	2025	Відхилення 2025 до 2022, +, -
пшениця озима	112,5	111,5	93	133,5	21
ячмінь озимий	25	33	25	66	41
пшениця яра	39	69	79	38	-1
кукурудза	10	11	13	10	0
соя	67	214	161,5	104,7	37,7
соняшник	43	32	157,7	177	134
Всього	296,5	470,5	529,2	529,2	232,7

Джерело: власні дослідження

Найбільш динамічне зростання спостерігається у посівах соняшнику, площа якого збільшилася на 134 гектари, що створює значний ресурс аграрних відходів для виробництва твердого біопалива. Позитивна динаміка характерна також для озимих культур, зокрема площа озимого ячменю зросла на 41 гектар, а озимої пшениці — на 21 гектар, що зміцнює загальний енергетичний потенціал закладу через накопичення соломи. Площі під соєю, попри певні коливання у проміжних роках, продемонстрували загальне зростання на 37,7 гектара порівняно з базовим 2022 роком, тоді як посіви кукурудзи залишилися на стабільному рівні, а яра пшениця зазнала лише незначного скорочення на 1 гектар. Загальна тенденція до розширення площ стратегічно важливих культур підтверджує спроможність коледжу виступати центральною ланкою кластера, забезпечуючи поєднання навчального процесу з практичним використанням великих обсягів біомаси для

потреб енергозаміщення.

Аналіз динаміки поголів'я свиней у Чернятинському фаховому коледжі Вінницького національного аграрного університету за період 2022–2025 років вказує на проведення структурної перебудови тваринницького підрозділу зі зміщенням акцентів у відтворювальних процесах (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Поголів'я свиней 2022-2025 років у Чернятинському фаховому коледжі Вінницького національного аграрного університету

Група	2022	2023	2024	2025	Відхилення 2025/2022рр., +, -
Свині на відгодівлі	70	51	45	44	-26
Свиноматки основні	5	5	5	5	-
Ремонтні свинки	5	5	3	3	-2
Свинки перевіряємі	2	2	2	2	-
Поросята 2-4 м.	6	7	12	17	+11
Поросята 0-2 місяці	16	30	5	х	-
Разом	104	100	72	71	-33

Джерело: власні дослідження

Загальна чисельність поголів'я за досліджуваний період скоротилася на 33 голови, що зумовлено переважно зменшенням групи свиней на відгодівлі, кількість яких скоротилася з 70 до 44 одиниць. Поряд із цим коледж демонструє зразкову стабільність у збереженні основного стада, оскільки кількість основних свиноматок та перевіряємих свинок залишалася незмінною протягом усіх чотирьох років, що є критично важливим для збереження генетичного потенціалу та стабільного функціонування біоенергетичного кластера в частині постачання органічних відходів. Позитивною тенденцією є суттєве зростання чисельності поросят віком 2–4 місяці, кількість яких збільшилася на 11 голів, що свідчить про покращення збереженості молодняка або зміну технологічного циклу вирощування. Хоча загальне кількісне скорочення ремонтних свинок на 2 одиниці та загального стада може здаватися негативним показником, збереження стабільного маточного поголів'я на фоні інтенсифікації вирощування молодняка створює прогнозовану базу для розрахунку виходу гною як субстрату для виробництва біогазу. Такий стан

тваринництва дозволяє розглядати коледж не лише як виробничий майданчик, а й як стабільну експериментальну базу для відпрацювання технологій замкненого циклу в межах біоенергетичного кластера.

Систематизація потенціалу Чернятинського фахового коледжу ВНАУ дозволяє об’єднати ресурсні можливості рослинництва та тваринництва в єдину модель енергетичної автономії кластеру. На основі розрахункових коефіцієнтів виходу побічної продукції з одиниці площі та біогазу з одиниці поголів’я, сформовано зведену таблицю енергетичного потенціалу (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Сукупний біоенергетичний потенціал біоресурсів Чернятинського фахового коледжу ВНАУ

Джерело ресурсу	Обсяг ресурсу (га / голів)	Вид біопалива / субстрату	Коефіцієнт виходу побічної продукції	Валовий енергетичний потенціал (т / м³)
Пшениця (озима та яра)	171,5 га	Солома (для пелет/брикетів)	1,5 т/га	257,25 т
Соняшник	177,0 га	Стебла та кошики	1,8 т/га	318,60 т
Ячмінь озимий	66,0 га	Солома	1,2 т/га	79,20 т
Соя	104,7 га	Рослинні залишки	0,8 т/га	83,76 т
Свинарство (загальне стадо)	71 гол.	Гній (для біогазу)	1,5 т на рік	5751 м³/рік

Джерело: власні дослідження

Систематизація даних свідчить, що основний енергетичний фокус кластера на базі коледжу має бути зосереджений на виробництві твердого біопалива, оскільки сумарний обсяг соломи та залишків соняшнику перевищує 730 тонн на рік. Це дозволяє не лише повністю забезпечити потреби закладу в опаленні, а й формувати товарні партії палива для учасників кластера. Тваринницький сектор, попри скорочення поголів'я на відгодівлі, за рахунок стабільного маточного стада генерує достатній обсяг біомаси (понад 5,8 тис. м³ біогазу на рік) для підтримки роботи малої когенераційної установки, що забезпечить мінімальні потреби критичної інфраструктури коледжу електроенергією.

Таким чином, інтеграція цих показників підтверджує, що коледж володіє достатньою та диверсифікованою сировинною базою для функціонування як

повноцінний біоенергетичний хаб.

Аналіз витрат електроенергії на функціонування Чернятинського фахового коледжу ВНАУ свідчить про значне фінансове навантаження на бюджет закладу, оскільки загальне річне споживання становить 327 739 кВт/год, що в грошовому еквіваленті перевищує 2,7 мільйона гривень.

Найбільшим споживачем енергії виступають адміністративні приміщення, на які припадає понад 62% від загального обсягу витрат, що при тарифі 9,69 грн/кВт/год формує основну частку витрат у розмірі майже 2 мільйонів гривень. Спостерігається чітка сезонна залежність із піковими навантаженнями у березні та грудні, коли місячне споживання сягає майже 50 тисяч кВт/год, що пояснюється інтенсивністю навчального процесу, особливостями освітлення і обігріву в осінньо-зимовий період. Гуртожитки коледжу також демонструють суттєвий рівень енергоспоживання, що сумарно перевищує 87 тис. кВт/год на рік, хоча за рахунок нижчого тарифу для населення їхня питома вага у фінансових видатках є меншою порівняно з виробничими об’єктами. Такі об'єкти як майстерня, водогін та зерносклад мають стабільні графіки споживання, проте висока вартість промислового тарифу робить їх пріоритетними для переведення на автономне живлення від об’єктів біопаливної генерації. Загальна структура витрат підтверджує критичну необхідність впровадження енергоощадних заходів та заміщення купованої електроенергії власною генерацією в межах біоенергетичного кластера, що дозволить закладу забезпечити енергетичну незалежність та суттєво скоротити операційні витрати.

На основі проведеного дослідження структури посівних площ, поголів'я тварин та фактичних витрат електроенергії, нижче представлена систематизація доцільності впровадження комбінованої системи біоенергетичної генерації для Чернятинського фахового коледжу ВНАУ (табл. 3.10).

Комбінування двох технологій дозволяє коледжу досягти повної енергетичної синергії: тверде біопаливо покриває основні пікові навантаження в опалювальний період, тоді як біогазова когенерація забезпечує сталу генерацію електрики для адміністративних об’єктів та водогону протягом усього року. Такий

підхід не лише перетворює аграрні відходи на цінний енергоресурс, а й радикально знижує операційні витрати, що були проаналізовані у структурі енергоспоживання закладу.

Таблиця 3.10

Систематизація доцільності переробки аграрних відходів у теплову та електричну енергію

Параметр порівняння	Використання твердого біопалива (солома, стебла)	Використання біогазу (когенерація на основі гною)
Сировинний ресурс	Понад 730 т/рік побічної продукції (соняшник, пшениця, ячмінь, соя).	Понад 5800 м³/рік біогазу від наявного поголів'я свиней.
Технологічне рішення	Встановлення твердопаливних котлів великої потужності для спалювання тюків або пелет.	Встановлення когенераційної установки (двигун внутрішнього згоряння з генератором).
Цільове призначення	Забезпечення потреб у тепловій енергії для опалення навчальних корпусів та майстерень.	Виробництво електричної енергії для власних потреб та отримання теплової енергії як побічного продукту.
Економічний ефект	Заміщення дорогого природного газу або вугілля; використання власної безкоштовної сировини.	Зниження витрат на купівлю електроенергії (економія до 2,7 млн грн/рік) та стабілізація напруги.
Екологічні переваги	Утилізація пожнивних залишків, які часто спалюються на полях, зменшення викидів CO2.	Переробка гною, зменшення викидів метану в атмосферу та отримання біодобрив (дигестату).
Вплив на кластер	Створення робочих місць на заготівлі та переробці палива (подрібнення, пелетування).	Формування бази для науково-практичних досліджень у сфері відновлюваної енергетики.

Джерело: власні дослідження

На основі даних щодо фактичного споживання природного газу та вартості сировини, проведено фінальну систематизацію економічної доцільності створення біоенергетичного кластера. Це дозволяє чітко зіставити реальні витрати закладу з потенційними витратами при переході на власну генерацію (табл. 3.11.).

Представлена таблиця відображає порівняльну оцінку економічної ефективності впровадження біоенергетичного кластера, де поточні витрати на традиційні енергоресурси зіставляються з прогнозними показниками власної біогенерації. Основний фінансовий ефект досягається за рахунок заміщення природного газу для потреб опалення рослинними залишками, що дозволяє громаді зекономити понад 494 тисячі гривень на рік завдяки суттєвій різниці між ринковою ціною газу та собівартістю соломи. У секторі електрозабезпечення використання

5,8 тис. м³ біогазу забезпечує економію у розмірі 112,8 тис. грн, що стає можливим завдяки роботі когенераційної установки та зниженню обсягів закупівлі електричної енергії із зовнішніх мереж. Незважаючи на появу нових витрат у сумі 42,4 тис. грн, пов'язаних із підготовкою та логістикою 106 тонн гною як сировини для біореактора, загальний баланс проєкту залишається позитивним. У підсумку перехід до автономної моделі енергозабезпечення дозволяє громаді скоротити річні операційні видатки з 3,71 млн грн до 3,15 млн грн, забезпечуючи реальний економічний ефект у розмірі 564934 грн на рік. Дані таблиці підтверджують інвестиційну доцільність розвитку малої біопаливної генерації як дієвого інструменту підвищення фінансової стійкості та енергетичної незалежності територіальних громад в умовах воєнного стану.

Таблиця 3.11

Економічне обґрунтування диверсифікації енергозабезпечення Чернятинського фахового коледжу ВНАУ

Показник енергозабезпечення	Поточний стан (традиційні ресурси)	Ресурсний обсяг власної біогенерації	Прогнозний стан (біоенергетичний кластер)	Річний ефект, грн
Опалення (Природний газ)	1 008 000 грн (36 тис. м³ за ціною 28 грн)	738,8 т (солома та рослинні залишки)	513 466 грн (собівартість 695 грн/т)	+494 534
Електроенергія (Рік)	2 704 466 грн (зовнішні мережі)	5 800 м³ (біогаз із гною)	2 591 666 грн (зменшення закупівлі з мережі)	+112 800
Витрати на сировину (Гній)	0 грн	106 т (гній для біогазу)	42 400 грн (собівартість 400 грн/т)	-42 400
РАЗОМ річні витрати	3 712 466 грн	—	3 147 532 грн	+564 934

Джерело: власні дослідження

Таким чином, інтегрована модель біоенергетичного кластера на базі Чернятинського фахового коледжу ВНАУ доводить свою спроможність: за рахунок синергії рослинництва (тепло) та тваринництва (електрика та добрива) заклад досягає суттєвого зниження операційних витрат та повної енергетичної стійкості. На основі проведеного дослідження нами зроблена оцінка ефективності створення Чернятинського міждисциплінарного навчально-наукового кластера ВНАУ через

призму «вартості енергетичної незалежності» дозволяє вийти за межі класичного розрахунку окупності та врахувати стратегічний ефект уникнення збитків від дестабілізації енергосистеми (табл. 3.12).

Таблиця 3.12

Матриця стратегічної ефективності інвестиційного проєкту в межах кластеру

Критерій оцінки	Традиційна модель (купівля енергії)	Кластерна модель (біогенерація)	Економічний зміст «вартості незалежності»
Прямі витрати (LCOE)	3,71 млн грн/рік	3,15 млн грн/рік	Економія 565 тис. грн на операційних витратах.
Ризик збитків від блекаутів (VoLL)	Високий (зупинка процесів, втрата продукції)	Мінімальний (автономне живлення критичних вузлів)	Уникнення прямих збитків від простою обладнання та псування активів.
Витрати на логістику та мережі	Залежність від зовнішніх тарифів ГТС та РЕМ	Локальна мережа кластеру	Усунення витрат на транспортування та мінімізація втрат у мережах.
Вартість інтелектуального капіталу	Нульова (пасивне споживання)	Висока (наукові розробки, інновації)	Капіталізація статусу наукового центру ВНАУ через патентування та апробацію.
Екологічна рентабельність	Викиди CO2 та неконтрольований метан	Замкнений цикл (дигестат + енергія)	Економія на мінеральних добривах та відповідність стандартам Green Deal.

Джерело: власні дослідження

Представлена матриця стратегічної ефективності систематизує переваги кластерної моделі енергозабезпечення, виходячи за межі суто фінансової економії та акцентуючи увагу на мультиплікативному ефекті для територіальної громади. Уточнений показник прямих операційних витрат свідчить, що навіть при зменшенні фізичних обсягів біогенерації, модель забезпечує стабільну економію у розмірі 565 тис. грн на рік, що формує фінансовий ресурс для подальшого розвитку технічної бази. Ключовою складовою стратегічної переваги є мінімізація показника вартості очікуваної недовідпущеної енергії (VoLL), що в умовах воєнного стану перетворює енергетичну автономність на критичний фактор виживання локальної економіки.

Локалізація виробництва у межах кластера дозволяє громаді трансформувати

логістичні витрати в капітал, одночасно капіталізуючи інтелектуальні здобутки наукової спільноти ВНАУ через впровадження інноваційних технологій переробки біомаси. Екологічна рентабельність проєкту, що реалізується через замкнений цикл використання дигестату як органічного добрива, забезпечує додаткову економічну вигоду та відповідність сучасним вимогам декарбонізації. Таким чином, матриця доводить, що перехід до біоенергетичного кластера є не лише інструментом зниження витрат, а й стратегічною інвестицією у стійкість, науковий потенціал та екологічну безпеку регіону.

Для завершення комплексного аналізу доцільності створення Чернятинського міждисциплінарного навчально-наукового кластера прикладних біоенергетичних розробок Вінницького національного аграрного університету необхідно врахувати капітальні витрати (CAPEX) на формування технічної інфраструктури. Оцінка ефективності в такому разі базується на зіставленні вартості будівництва об’єктів генерації з економією на експлуатаційних витратах та стратегічними вигодами енергонезалежності.

Наведена таблиця 3.17 демонструє структуру інвестиційних витрат, адаптовану до фактичних ресурсних потужностей громади, де загальна сума капітальних вкладень (CAPEX) була скоригована у бік зменшення через використання малопотужної біогазової установки та КГУ. Основним джерелом окупності в межах біоенергетичного кластера залишається твердопаливний комплекс, який генерує понад 87% загального річного ефекту за рахунок високої маржинальності заміщення природного газу соломою.

Перерахунок біогазового блоку на реальні обсяги (5,8 тис. м³) показує, що його роль у поточному проєкті є більшою мірою технологічною та екологічною, оскільки пряма фінансова економія від генерації електрики (112,8 тис. грн/рік) забезпечує тривалий термін повернення коштів саме за цим напрямком. Проте, розглядаючи кластер як єдину систему, сукупна річна економія у розмірі 564,9 тис. грн дозволяє досягти терміну окупності всього проєкту в межах 6-8 років, що є прийнятним показником для об’єктів комунальної та соціальної інфраструктури.

Важливо враховувати, що дана модель не включає вартість отриманого

дигестату (високоякісних органічних добрив), використання якого може скоротити витрати агрогосподарств на мінеральні добрива ще на 15–20%, додатково прискорюючи окупність. Таким чином, створення біоенергетичного кластера на базі Чернятинського фахового коледжу ВНАУ є стратегічно доцільним кроком, який перетворює теоретичний потенціал біомаси на реальний інструмент фінансової автономії навчального закладу та громади.

Таблиця 3.17

Орієнтовна вартість створення інфраструктури біоенергетичного кластеру та термін її окупності

Елемент інфраструктури	Технічні параметри	Орієнтовна вартість (млн грн)	Джерело та обсяг окупності (рік)
Твердопаливний котельний комплекс	Потужність ~500-800 кВт (на соломі)	1,8 – 2,5	Заміщення 36 тис. м³ газу (економія 494,5 тис. грн/рік).
Біогазова установка + КГУ	Електрична потужність ~5-10 кВт	3,0 – 3,5	Заміщення електроенергії (112,8 тис. грн/рік) + добрива.
Лінія подрібнення та тюкування	Підготовка соломи та залишків	0,8 – 1,2	Оптимізація собівартості сировини (до 695 грн/т).
Мережі та вузли підключення	Модернізація локальної мережі	0,5 – 0,7	Зниження втрат при транспортуванні енергії.
Всього капітальних витрат (CAPEX)	—	6,1 – 7,9	Сукупна економія: 564,9 тис. грн/рік.

Джерело: власні дослідження

Систематизація показників доцільності переходу від моделі пасивного енергоспоживання до активної кластерної генерації демонструє докорінну зміну економічного профілю Чернятинського фахового коледжу. Уточнений розрахунок показує, що попри зниження обсягів біогазової генерації, модель «Енергоострів» забезпечує стабільну річну економію операційних витрат у розмірі 565 тис. грн, що є критично важливим для бюджетної установи. Основна перевага кластера полягає не лише у прямій економії, а й у формуванні високого коефіцієнта стійкості (I_{sred}), що дозволяє підтримувати працездатність критичної інфраструктури під час тривалих відключень електроенергії, трансформуючи витрати на VoLL (вартість недовідпущеної енергії) у реальні заощадження (табл. 3.18).

Капітальні витрати на створення інфраструктури, що оцінюються у межах 6,1–7,9 млн грн, є обґрунтованими з огляду на довгострокову стратегію розвитку, де термін окупності може бути суттєво скорочений за рахунок залучення грантових коштів у межах європейських екологічних програм (Green Deal).

Таблиця 3.18

Систематизація доцільності та інвестиційної ефективності біоенергетичного кластеру Чернятинського фахового коледжу

Параметр порівняння	Модель «Енергоспоживач» (Традиційна)	Модель «Енергоострів» (Кластерна біогенерація)	Ефект «вартості незалежності»
Енергетична сировина	Купівля газу (36 тис. м³) та електроенергії	Власна солома (738,8 т) та біогаз (5,8 тис. м³)	Незалежність від цінових шоків на ринку природного газу та електрики.
Річні операційні витрати (OPEX)	~3,71 млн грн/рік	~3,15 млн грн/рік	Пряма річна економія бюджету складає 565 тис. грн.
Стійкість до блекаутів (VoLL)	Нульова. Ризик зупинки водогону та опалення.	Висока. Автономне живлення критичної інфраструктури.	Уникнення збитків від псування активів та зупинки навчального процесу.
Капітальні витрати (CAPEX)	0 грн (експлуатація зношених мереж)	6,1 – 7,9 млн грн (котельня + мала КГУ + мережі)	Окупність інвестицій через запобігання аварійним збиткам.
Термін окупності	—	6-8 років (загальний) / 2-4 років (з грантовою підтримкою)	Скорочення окупності за рахунок капіталізації наукових розробок ВНАУ.
Коефіцієнт стійкості I_{sred}	Мінімальний (<0,1)	Оптимальний (0,45 – 0,55)	Досягнення точки фінансово-енергетичного перелому.
Побічні активи	Витрати на утилізацію відходів	Отримання дигестату (добрив)	Економія на мінеральних добривах для земельних угідь коледжу.

Джерело: власні дослідження

Особливої ваги набуває ефект отримання побічних активів у вигляді дигестату, що дозволяє коледжу закрити цикл циркулярної економіки та отримати додаткову економію на агрохімікатах для власних навчально-виробничих ділянок.

У підсумку, інтеграція малої біопаливної генерації створює мультиплікативний ефект, де енергетична автономність стає фундаментом для фінансової стабільності, наукового прогресу та екологічної безпеки територіальної громади.

У результаті проведеного дослідження обґрунтовано, що перехід від традиційної моделі пасивного енергоспоживання до активної системи біоенергетичного кластера (модель «Енергоострів») є найбільш раціональним шляхом забезпечення економічної стійкості територіальної громади та навчального закладу в умовах воєнного стану. На основі проведених уточнених розрахунків встановлено, що наявна ресурсна база коледжу, яка включає 738,8 т соломи та 106 т гною, дозволяє забезпечити річний вихід енергоносіїв у обсязі, достатньому для заміщення 36 тис. м³ природного газу та генерації власної електричної енергії з 5,8 тис. м³ біогазу.

Економічна ефективність запропонованої моделі підтверджується скороченням річних операційних витрат (OPEX) з 3,71 млн грн до 3,15 млн грн, що забезпечує прямий бюджетний ефект у розмірі 564 934 грн на рік. Незважаючи на необхідність капітальних інвестицій (CAPEX) у розмірі 6,1–7,9 млн грн, проєкт демонструє стратегічну доцільність за рахунок досягнення оптимального коефіцієнта стійкості I_{sred} (0,45–0,55) та мінімізації ризиків недовідпущеної енергії (VoLL). Це дозволяє не лише забезпечити автономне функціонування критичної інфраструктури коледжу під час блекаутів, а й уникнути значних фінансових збитків від псування активів та простою виробничих процесів.

Особливу наукову та практичну цінність має мультиплікативний ефект кластерної моделі, який полягає у капіталізації інтелектуального капіталу ВНАУ та впровадженні принципів циркулярної економіки через використання дигестату як високоефективного органічного добрива. Це дозволяє досягти додаткової економії на агрохімікатах (до 30% на площі 449,2 га), що суттєво покращує загальну рентабельність проєкту та скорочує термін його окупності, особливо за умови залучення грантового фінансування в межах європейських програм декарбонізації.

Таким чином, розроблена стратегія створення біоенергетичного кластера на базі Чернятинського фахового коледжу доводить, що диверсифікація джерел

енергозабезпечення на основі малої біопаливної генерації є дієвим економічним інструментом трансформації аграрного потенціалу в реальну енергетичну незалежність та інституційну стійкість громади.

У той же час, обґрунтована нами концепція «вартості енергетичної незалежності» пропонує перехід від вузькофінансового оцінювання інвестицій до ризико-орієнтованої стратегії розвитку освітньо-аграрних установ та в перспективі територіальних громад шляхом масштабування відповідних кластерів. Її сутність полягає у визначенні реальної ефективності біоенергетичних проєктів не лише через економію на тарифах, а через інтегральне зіставлення капітальних витрат із монетизованим показником уникнених збитків (VoLL), що виникають внаслідок знеструмлення критичної інфраструктури. Такий підхід трансформує біоенергетичний кластер із класичного об'єкта генерації на інструмент стратегічного страхування активів, де інвестиційна привабливість визначається рівнем мінімізації інфраструктурних ризиків та досягненням максимального коефіцієнта стійкості закладу в умовах нестабільності централізованих мереж.

3.3. Формування механізмів фінансово-економічного стимулювання диверсифікації енергозабезпечення територіальних громад у перехідний період

Успішна реалізація стратегії диверсифікації енергозабезпечення територіальних громад на основі біоенергетичних рішень потребує формування дієвого фінансово-економічного базису, здатного активізувати інвестиційні процеси у складний перехідний період.

Фундаментом таких механізмів має стати створення умов для безпечного підприємництва в аграрному секторі, оскільки в сучасних умовах енергетична складова є критичним фактором ризику, що безпосередньо впливає на стійкість бізнес-моделей [18].

Важливим інструментом подолання інфраструктурних бар’єрів на цьому

етапі виступає розвиток кооперації, яка дозволяє територіальним громадам та агровиробникам об’єднувати ресурси для реалізації потенціалу відновлюваних джерел енергії, що цілком відповідає принципам «зеленого» курсу та забезпечує сталий розвиток сільських територій [19, с. 28].

В контексті повоєнного відновлення України особливого значення набуває роль місцевого самоврядування як центрального суб’єкта управління енергетичними трансформаціями на локальному рівні [20, с. 64].

Громади мають отримати повноваження щодо формування внутрішніх фондів енергетичної стійкості, що дозволить їм переходити до моделі «енергетичних островів», синхронізуючи локальні ініціативи з глобальними євроінтеграційними процесами. Такий вектор розвитку вимагає адаптації інвестиційного середовища до міжнародних стандартів, що відкриває доступ до спеціалізованих фондів, «зеленого» кредитування та міжнародної технічної допомоги [21, с. 14].

Практична реалізація фінансового стимулювання у перехідний період повинна також спиратися на механізми біоенергетичної утилізації відходів, зокрема аграрних залишків та стічних вод, що не лише вирішує гострі екологічні проблеми, а й створює додаткові джерела доходу від реалізації побічних продуктів, таких як органічні добрива [22, с. 235].

Глибока трансформація енергетичної системи в умовах дефіциту традиційних ресурсів актуалізує максимальне залучення місцевих біоресурсів, що дозволяє територіальним громадам змінити статус пасивного споживача на активного енергопродюсера [23, с. 98].

Таким чином, цілісна система економічного стимулювання має інтегрувати кооперативно-інвестиційні важелі, муніципальні преференції та інституційну підтримку на базі науково-технічних хабів. Це дозволить сформувати замкнені цикли виробництва, де фінансова привабливість проєктів визначатиметься не лише прямою окупністю, а й сукупним ефектом від енергетичної незалежності, екологічної безпеки та соціально-економічного відродження сільських територій.

Важливою складовою цієї стратегії є імплементація успішного міжнародного

досвіду, що дозволяє уникнути типових помилок при розбудові локальних енергосистем. Як зазначає Т.В. Коломієць, що досвід європейських практик свідчить, що виробництво біогазу з відходів АПК є не лише екологічним заходом, а й потужним драйвером економічної стійкості, де державна підтримка та чітке регулювання створюють сприятливі умови для інвестицій у біоенергетичні потужності [24]. Це підтверджує необхідність адаптації вітчизняного законодавства до стандартів ЄС для стимулювання глибокої переробки сільськогосподарської сировини.

Ефективність таких перетворень безпосередньо залежить від якості комунікацій та партнерства між усіма учасниками ринку. В.М. Бондаренко наголошує на важливості формування моделей маркетингу взаємодії, де сільськогосподарські підприємства виступають ключовими ланками у ланцюгу створення доданої вартості біопалива [25]. Розвиток таких партнерських мереж дозволяє оптимізувати витрати та забезпечити стабільний збут енергетичної продукції всередині громади.

Особливого значення у цьому контексті набуває інституційний аспект. За твердженням М.І. Яремової, системний енергоменеджмент є невід'ємною частиною соціально-економічної та енергетичної безпеки України, оскільки він дозволяє громадам здійснювати моніторинг та раціональний розподіл ресурсів, мінімізуючи втрати та підвищуючи загальну ефективність локальної мережі [26].

Практичне втілення біоенергетичних ініціатив може базуватися на модернізації існуючих промислових об’єктів. Зокрема, В.М. Бондаренко, розглядає виробництво біометану на цукрових заводах як стратегічний напрям, що дозволяє не лише забезпечити енергетичну безпеку держави, а й перетворити традиційні енергоємні підприємства на сучасні біоенергетичні хаби [27]. Такий підхід створює синергетичний ефект, поєднуючи аграрне виробництво з високотехнологічною енергетикою.

Зрештою, локальні трансформації в Україні відбуваються на фоні загальносвітового переходу до сталого розвитку. Як зазначає О. Кільніцька, глобальні тренди розвитку біоекономіки відкривають перед українськими

сільськими територіями значні перспективи для зростання [28]. Використання відновлюваних джерел енергії стає фундаментом для нової моделі економіки, де екологічна відповідальність та економічна вигода є нерозривними елементами сталого поступу.

Визначений вектор на формування замкнених циклів та соціально-економічне відродження територій потребує не лише теоретичного обґрунтування, а й чіткої верифікації через призму успішних міжнародних практик. Оскільки перехід до моделі «енергетичного продюсера» є складним інституційним викликом, критично важливим стає вивчення прикладних рішень, що вже довели свою ефективність у країнах із високим рівнем біоенергетичної децентралізації.

З огляду на це, подальший аналіз фокусується на трансформації європейського досвіду в конкретну дорожню карту для українських громад. Особливого значення це набуває в розрізі синергії між академічною наукою та реальним сектором, де освітньо-наукові платформи стають інкубаторами для енергетичних інновацій.

В процесі дослідження та ознайомлення з освітньо-науковими напрацюваннями європейських партнерів було чітко окреслено системний підхід ЄС до розвитку біоенергетики, зокрема виробництва біогазу та біометану, як одного з ключових інструментів забезпечення енергетичної незалежності сільських територій та територіальних громад.

В той же час нами визначено, що основою будь-якого інноваційного розвитку та ефективного обміну досвідом є формування потужної навчально-наукової платформи між вітчизняними науковими установами та закладами вищої освіти країн Європейського Союзу. Як приклад, на сьогодні активно розвивається співробітництво між Вінницьким національним аграрним університетом та Університетом прикладних наук Вайнштефан-Тріздорф (Hochschule für angewandte Wissenschaften Weihenstephan-Triesdorf, HSWT, Німеччина).

HSWT є одним із провідних європейських центрів прикладних досліджень у сфері сільського господарства, відновлюваної енергетики та харчових технологій. Його особливістю є тісна інтеграція навчального процесу з реальними

виробничими об’єктами, зокрема діючими біогазовими установками.

Під час вивчення досвіду ЄС в сфері виробництва біопалив на базі ((Hochschule für angewandte Wissenschaften Weihenstephan-Triesdorf, HSWT) особливу увагу було приділено технологічній логіці функціонування сільськогосподарських біогазових установок, яка в ЄС базується на таких принципах:

1. Максимальне використання локальної сировинної бази, а саме: субстратів на основі гною ВРХ та свиней, посліду птиці, силосу кукурудзи, жому, барди, пульпи, пожнивних решток та інших органічних відходів. При цьому акцент робиться не на «енергетичних культурах як самоцілі», а на раціональному поєднанні відходів і побічної продукції аграрного виробництва.

2. Технологія повного перемішування (CSTR) – адже переважна більшість установок у ЄС працює за схемою повністю змішаних ферментерів циліндричної вертикальної форми з газовим куполом, що забезпечує стабільність анаеробного бродіння, рівномірний вихід біогазу, можливість гнучкого управління навантаженням.

3. Інтеграція виробництва тепла та електроенергії. В практиці установи біогаз використовується переважно в когенераційних установках (CHP), що дозволяє одночасно отримувати електричну енергію, теплову енергію для ферм, житлових будівель, громадських об’єктів і технологічних процесів.

Варто зауважити, що в країнах ЄС відбувається стратегічний зсув від класичних біогазових установок до виробництва біометану, з подальшим закачуванням у газорозподільні мережі, використанням як моторного палива та застосуванням у системах балансування енергомереж.

На сьогодні біометан розглядається не лише як джерело енергії, а як елемент енергетичної безпеки громад, особливо в умовах нестабільності постачання викопного газу, зростання вартості традиційних енергоносіїв, а також кліматичних та геополітичних викликів.

Ключовою ідеєю є те, що біогазові установки в ЄС розглядаються не як окремий об’єкт, а як частина екосистеми громади. Для громад це означає

зменшення витрат на енергоносії, утилізацію органічних відходів, створення локальних робочих місць, повернення поживних речовин у ґрунт у вигляді дигестату, підвищення стійкості аграрного виробництва.

Саме такий підхід є надзвичайно актуальним для українських територіальних громад, особливо аграрно орієнтованих, і може бути безпосередньо адаптований до умов навчально-виробничих підрозділів закладів освіти, зокрема навчальних фермерських студентських господарств.

У контексті сучасних викликів, зумовлених воєнним станом та необхідністю подальшої розбудови держави, децентралізація енергозабезпечення стає стратегічним фундаментом життєстійкості територіальних громад. Основним пріоритетом у цьому процесі виступає забезпечення повної автономності критичної інфраструктури, що передбачає першочергове підключення закладів охорони здоров'я, центрів надання адміністративних послуг та об'єктів водопостачання до локальних біоенергетичних потужностей. Такий підхід гарантує безперебійне надання життєво важливих послуг населенню навіть у моменти системних збоїв у централізованій енергомережі, перетворюючи громаду на захищений соціально-економічний осередок.

Паралельно з цим, розвиток власної генерації суттєво підвищує інвестиційну привабливість територій, оскільки стабільний доступ до енергоресурсів стає головним критерієм для бізнесу при виборі локацій. Громади, які здатні запропонувати підприємцям незалежне енергозабезпечення, стають пріоритетними майданчиками для розміщення нових виробничих потужностей у рамках загальнонаціонального плану відновлення України. Це створює умови для економічного пожвавлення регіонів, стимулює появу нових робочих місць та розширює базу податкових надходжень до місцевих бюджетів.

Особливе місце в архітектурі післявоєнної енергетики посідає принцип енергетичної солідарності, який трансформує роль територіальної громади з пасивного споживача на активного учасника ринку.

Адаптація досвіду HSWT перетворює біоенергетику з інструменту «еко-активізму» на фундамент національної енергетичної безпеки. Це дозволяє Україні

не просто відновити втрачене, а створити нову, стійку до зовнішніх шоків енергосистему (табл. 3.19).

Таблиця 3.19

Адаптація європейського досвіду розвитку біоенергетики (зокрема на базі HSWT) до умов війни та післявоєнної відбудови України

Напрям аналізу	Досвід ЄС (на базі HSWT та партнерів)	Імплементація в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення в Україні
Освітньо-наукова платформа	Тісна співпраця університетів із виробництвом для підготовки фахівців.	Створення мобільних тренінгових центрів на базі ВНАУ для швидкого навчання енергоменеджерів громад методам антикризового управління енергооб'єктами.
Стійкість системи	Використання мікромереж та локальної генерації для стабільності.	Створення «енергетичних островів», де біогазові установки забезпечують життєдіяльність громади під час пошкоджень центральних магістралей унаслідок обстрілів.
Сировинна логістика	Використання широкого спектра аграрних відходів без фокусу на енергокультурах.	Переробка біологічних відходів, що накопичуються через порушення логістичних ланцюгів експорту зерна, на енергію для внутрішнього споживання.
Енергоконверсія (Когенерація)	Одночасне виробництво тепла та електрики (CHP) для громад.	Розгортання модульних когенераційних установок, які легко маскуються, захищаються та можуть бути швидко переміщені або відновлені після пошкоджень.
Біометан як стратегічний ресурс	Очищення газу для закачування в мережі та використання як палива.	Створення мереж заправних станцій для комунальної та сільськогосподарської техніки, що працює на біометані, для нівелювання дефіциту дизельного пального.
Економічна безпека	Акумуляція доданої вартості всередині громади та екологічний цикл.	Стимулювання місцевої економіки через залучення грантів на відновлення (Green Deal Ukraine) та перетворення громад на енергонезалежні економічні вузли.
Післявоєнна екологія	Повернення дигестату в ґрунт для підтримки родючості.	Використання органічних добрив (дигестату) для відновлення родючості ґрунтів, що постраждали від бойових дій та хімічного забруднення.

Джерело: авторське бачення

Враховуючи окреслені виклики та необхідність адаптації фінансової політики до мінливих безпекових умов, виникає потреба у чіткій типізації стимулів залежно від фази розвитку країни. Систематизація механізмів фінансово-економічного стимулювання дозволяє диференціювати інструменти підтримки на реактивні (спрямовані на виживання та автономізацію під час воєнного стану) та проактивні (орієнтовані на ринкову інтеграцію та сталий розвиток у повоєнний

період). Такий підхід забезпечує гнучкість управління енергетичними трансформаціями, де пріоритетом стає не лише пряма окупність проєктів, а й стратегічна стійкість територіальних громад (табл. 3.20).

Таблиця 3.20

Систематизація механізмів фінансово-економічного стимулювання диверсифікації енергозабезпечення ТГ

Напрям стимулювання	Інструменти періоду воєнного стану (Акцент на життєстійкість)	Інструменти повоєнного відновлення (Акцент на ефективність)	Цільовий орієнтир (згідно з дослідженням)
Бюджетно-податкові важелі	Муніципальні гранти на когенерацію; звільнення від земельного податку об'єктів малої генерації.	Податкові знижки за впровадження технологій Smart Grid; «Зелені» облігації громад.	Досягнення рівня автономності 40–50% (зона оптимуму).
Інвестиційні механізми	Пряме фінансування «енергетичних островів»; страхування воєнних ризиків через міжнародні фонди (DFC/MIGA).	Пільгове «зелене» кредитування; залучення приватних інвестицій у виробництво біометану.	Максимізація інтегрального показника стійкості ISRED.
Ринкові інструменти	Монетизація уникнених збитків (VoLL) для критичної інфраструктури.	Впровадження системи Net Billing та продаж надлишків енергії за «зеленим» тарифом.	Трансформація громади в активного енергопродюсера.
Логістичні стимули	Субсидування збору локальної сировини в радіусі до 10 км для енергозабезпечення громад.	Гранти на розвиток регіональних біоенергетичних кластерів та переробку дигестату.	Замкнений цикл виробництва та відновлення родючості ґрунтів.
Інституційна підтримка	Створення мобільних центрів енергоменеджменту на базі освітніх платформ (ВНАУ).	Створення мережі сертифікованих науково-технічних хабів та біометанових заправок.	Кадрове та технологічне супроводження за стандартами ЄС.

Джерело: авторське бачення

У період дії воєнного стану пріоритетним механізмом стає монетизація уникнених збитків через розрахунок показника вартості втраченого навантаження (VoLL), що дозволяє громадам обґрунтовувати інвестиції у біоенергетику не через прямий прибуток, а через обсяг збереженої життєдіяльності критичної інфраструктури. Паралельно з цим впроваджується система прямого

муніципального фінансування «енергетичних островів», де кошти місцевих фондів енергетичної стійкості спрямовуються на розгортання модульних когенераційних установок, здатних забезпечити автономність лікарень та водоканалів у разі руйнування центральних магістралей. Для зниження інвестиційних бар'єрів у цей ризикований період критично важливим є залучення міжнародних гарантій страхування воєнних ризиків, які через інструменти організацій на кшталт DFC або MIGA створюють безпековий купол над приватними капіталовкладеннями в об'єкти малої та середньої генерації. Особлива увага приділяється логістичному стимулюванню, яке полягає у наданні субсидій для збору та транспортування аграрних відходів у критичному радіусі до 10 кілометрів, що гарантує фізичну доступність палива навіть за умов паливного дефіциту чи блокування транспортних шляхів.

З переходом до фази повоєнного відновлення фінансово-економічний механізм трансформується у бік ринкової інтеграції, де головним інструментом стає система Net Billing, що дозволяє громадам та агровиробникам не лише покривати власні потреби, а й активно торгувати надлишками енергії, накопичуючи капітал для подальшої модернізації локальних мереж. Державна підтримка на цьому етапі базується на цільових субвенціях за досягнення показника автономності у 40–50%, що згідно з авторською моделлю відповідає зоні економічного оптимуму, де витрати на інфраструктуру зберігання енергії максимально збалансовані з ефектом від незалежності. Важливим елементом стає випуск муніципальних «зелених» облігацій, які дозволяють громадам акумулювати внутрішні та зовнішні інвестиції для будівництва високотехнологічних ліній очищення біогазу до стану біометану з його подальшим закачуванням у мережу або використанням як моторного палива. Податкова політика еволюціонує у бік запровадження диференційованого екологічного податку та надання преференцій підприємствам, що впроваджують цифрові системи енергоменеджменту та інтегруються у Smart Grid. Кінцевим етапом стимулювання стає формування замкнених екосистем, де використання дигестату як органічного добрива підтримується через спеціальні аграрні гранти, що дозволяє одночасно

відновлювати родючість постраждалих від бойових дій ґрунтів та підвищувати загальний інтегральний показник стратегічної стійкості територіальної громади (ISRED).

Ефективність запропонованих фінансово-економічних важелів стимулювання критично залежить від наявності інституційної бази, здатної інтегрувати науковий потенціал, освітній процес та виробничу практику. У цьому контексті особливої актуальності набуває розвиток навчальних студентських фермерських господарств (НСФГ), які, згідно з концепцією публічно-приватного партнерства, мають трансформуватися у науково-технічні хаби та енергонезалежні вузли територіальних громад. Якщо попередня систематизація охоплювала загальнодержавні та муніципальні стимули, то наведена нижче модель деталізує специфічні механізми підтримки НСФГ як інноваційних майданчиків, що забезпечують перехід громади до моделі енергопродюсера через підготовку фахівців нового покоління та апробацію біоенергетичних рішень (табл. 3.21).

Деталізація представлених у таблиці 3.21 механізмів дозволяє розкрити багатогранну роль навчальних студентських фермерських господарств (НСФГ) не лише як освітніх центрів, а й як активних суб’єктів енергетичного ринку та гарантів соціальної стабільності громади.

Інфраструктурно-майновий напрям стимулювання передбачає перегляд підходів до використання ресурсів територіальних громад, де надання земельних ділянок та занедбаних об’єктів у довгострокову пільгову оренду (за символічну плату 1 грн) виступає стартовим капіталом для розгортання біоенергетичних потужностей. Такий підхід створює умови для формування «енергетичного острова» навколо навчального закладу, який у разі системних аварій або воєнних загроз стає джерелом енергії для критичних об’єктів соціальної сфери.

Інвестиційно-партнерський механізм базується на використанні оновленого законодавства про публічно-приватне партнерство, що дозволяє залучати приватний агробізнес до спільного інвестування в біометанові заводи на території НСФГ. Це нівелює фінансові ризики для навчального закладу та громади, одночасно забезпечуючи бізнесу майданчик для апробації інноваційних технологій

перед їх масштабуванням.

Таблиця 3.21

Механізми стимулювання розвитку НСФГ як інструменту енергетичної диверсифікації громад

Напрям стимулювання	Інструменти та заходи реалізації (на основі ППП)	Очікуваний ефект для енергозабезпечення громади
Інфраструктурно-майновий	Надання громадою земельних ділянок та об'єктів у пільгову оренду (за 1 грн) під розміщення біогазових установок НСФГ за умови енергозабезпечення об'єктів соцсфери.	Формування локального «енергетичного острова» на базі освітнього закладу.
Інвестиційно-партнерський	Спільне фінансування будівництва біометанових заводів через договори ППП між університетом, ТГ та приватним агробізнесом із розподілом ризиків.	Залучення приватного капіталу в енергетичну автономію громади та апробація технологій.
Грантово-проєктний	Пріоритетне право НСФГ на отримання «зелених» грантів для закупівлі модульних когенераційних установок як для навчальних, так і для безпекових цілей.	Забезпечення безперебійного енергопостачання критичної інфраструктури в умовах воєнних загроз.
Комерційно-сервісний	Монетизація послуг НСФГ з енергоаудиту, обслуговування малих біоенергетичних об'єктів ТГ та консультування місцевих фермерів.	Створення самоокупної системи енергоменеджменту всередині територіальної громади.
Освітньо-науковий	Запровадження системи «енергокоучингу» — підготовки студентів як сертифікованих менеджерів з управління біопаливною генерацією для ТГ.	Забезпечення громади кваліфікованими кадрами для управління децентралізованою енергосистемою.
Сировинно-логістичний	Налагодження замкненого циклу: використання агровідходів громади для НСФГ в обмін на повернення дигестату для відновлення родючості земель.	Зниження собівартості енергії та відновлення екологічного балансу територій.

Джерело: розроблено автором на основі аналізу даних [29-35]

Грантово-проєктний вектор фокусується на використанні наукового статусу НСФГ для залучення міжнародного капіталу в межах ініціатив «Green Deal Ukraine». Пріоритетність таких господарств у отриманні грантів на закупівлю модульних когенераційних установок дозволяє громаді оперативно розгортати засоби розподіленої генерації, що є критично важливим для автономності об'єктів водопостачання та центрів надання адміністративних послуг.

Комерційно-сервісний аспект стимулювання трансформує НСФГ у центр

професійної експертизи, де монетизація послуг з енергоаудиту та технічного обслуговування малих біогазових установок приватних фермерів громади забезпечує фінансову самодостатність господарства. Це створює стійку екосистему енергоменеджменту, де громада отримує якісний сервіс, а університет — кошти для модернізації наукової бази.

Освітньо-науковий складник впроваджує модель «енергокоучингу», за якої студенти під час практики не просто спостерігають за процесами, а виконують функції сертифікованих менеджерів об’єктів генерації. Це вирішує проблему дефіциту кваліфікованих кадрів для управління децентралізованою енергосистемою ТГ у повоєнний період.

Нарешті, сировинно-логістичний механізм замикає виробничий ланцюг, де НСФГ стає центром переробки агробіологічних відходів усієї громади. Обмін «сировина на енергію та дигестат» дозволяє суттєво знизити собівартість енергоносіїв для комунального сектору та одночасно реалізувати екологічну місію з відновлення родючості земель, що постраждали від техногенного впливу бойових дій.

Таким чином, комплексна реалізація цих напрямів перетворює навчальні господарства на фундаментальну ланку фінансово-економічного стимулювання диверсифікації, забезпечуючи синергію між освітніми стандартами та реальними потребами енергетичної безпеки України.

Узагальнюючи результати дослідження щодо формування механізмів фінансово-економічного стимулювання диверсифікації енергозабезпечення територіальних громад, можна зробити висновок, що ефективна трансформація локальних енергосистем у перехідний період можлива лише за умови поєднання адаптивних фінансових важелів з потужною інституційною базою.

Нами встановлено, що для забезпечення життєстійкості громад в умовах воєнного стану пріоритетним є перехід від суто комерційної оцінки проєктів до моделі мінімізації вартості втраченого навантаження (VoLL). Запропонована типізація стимулів дозволяє розмежувати реактивні заходи (страхування воєнних ризиків, пряме фінансування «енергетичних островів») та проактивні інструменти

повоєнного відновлення (система Net Billing, «зелені» облігації, стимулювання за показником інтегральної стійкості ISRED).

Ключовим елементом запропонованого механізму є трансформація навчальних студентських фермерських господарств у науково-технічні хаби на засадах публічно-приватного партнерства. Це дозволяє одночасно вирішити три стратегічні завдання:

- створити технологічні полігони для апробації біоенергетичних рішень;
- забезпечити громади кваліфікованим кадровим ресурсом («енергокоучами»);
- сформувати замкнені цикли виробництва енергії та органічних добрив (дигестату), що критично важливо для екологічного та економічного відродження сільських територій.

Таким чином, комплексна реалізація розроблених механізмів стимулювання дозволяє змінити роль територіальної громади з пасивного споживача на активного енергопродюсера, що є фундаментом енергетичної незалежності та загальнонаціональної безпеки України в умовах глобальних та регіональних викликів.

Висновки до розділу 3

1. Розроблено економіко-математичну модель, що дозволяє оптимізувати енергетичний баланс територіальної громади шляхом інтеграції біопаливних установок як «опорних потужностей», що, на відміну від нестабільних джерел енергії, забезпечують прогнозовану базову генерацію в автономному режимі. Використання уточненого інструментарію оцінки інвестиційних проєктів малої когенерації, що базується на врахуванні ефекту від мінімізації енергетичних ризиків та включенні вартості уникнених збитків від недопостачання енергії до структури доходів, дозволяє суттєво покращити показники рентабельності та скоротити термін окупності капіталу. Це створює надійну інформаційну базу для

формування локальних енергетичних систем («енергетичних островів»), здатних підтримувати життєдіяльність критичної інфраструктури громад в умовах воєнних викликів та системних блекаутів.

2. Обґрунтована концепція «вартості енергетичної незалежності» змінює парадигму оцінювання інвестицій від суто фінансових показників до ризико-орієнтованої стратегії, де реальна ефективність біоенергетичних проєктів визначається через інтегральне зіставлення капітальних витрат із монетизованим показником уникнених збитків (Value of Lost Load — VoLL). Такий підхід дозволяє трактувати децентралізовані енергооб'єкти не лише як засоби генерації, а як інструменти стратегічного страхування активів, де інвестиційна привабливість прямо залежить від рівня мінімізації інфраструктурних ризиків та забезпечення живучості об’єктів соціально-аграрної сфери в умовах деструкції централізованих мереж. Впровадження цієї методики сприяє залученню приватних інвестицій завдяки адекватній оцінці вартості виживання та автономності територіальних систем.

3. Запропонована двофазна модель «реактивного та проактивного управління» дозволяє диференціювати інструменти фінансово-економічного стимулювання енергетичної диверсифікації залежно від безпекової ситуації, інтегруючи механізми від страхування воєнних ризиків до впровадження системи Net Billing. Формування дієвого стимулюючого базису передбачає створення муніципальних фондів енергетичної стійкості, розвиток кооперації між громадами та агровиробниками, а також активне використання міжнародних безпекових гарантій та «зеленого» кредитування. Це дозволяє трансформувати статус територіальної громади з пасивного споживача на активного енергопродюсера (просьюмера), забезпечуючи створення замкнених циклів виробництва енергії з місцевої біомаси та зміцнюючи загальнонаціональну енергетичну безпеку.

Матеріали розділу опубліковано у працях автора зі списку джерел: [1, 2, 3]

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3:

1. Довгань П.О. Перспективи та потенціал створення біоенергетичних кластерів на базі переробних підприємств АПК України. International Scientific and Practical Conference “Science, Education, and Society in the Context of Globalization: New Development Paradigms and Interdisciplinary Solutions”: Conference Proceedings (Boston, USA, December 19, 2025). Boston, USA: Golden Quill Publishing, 2025. P. 66-69. URL: https://www.economics.in.ua/2025/12/19.html

2. Довгань П. О. Системна модель локального енергетичного кластеру громади. Перспективи розвитку науки, освіти і суспільства в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 12 січня 2026 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2026. С. 49-51. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-12.01.2026.005

3. Довгань П.О. Основи класифікації необоротних активів та підходи до їх удосконалення. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 73-81. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.73

4. Вдовенко Л.О., Тітов Д.В., Герасимчук В.Г. Інвестиційна складова розвитку сільських територій України. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики.* 2023. № 3 (65). С. 51-73. DOI: https://doi.org/10.37128/2411-4413-2023-3-4

5. Tokarchuk D., Pryshliak N., Berezyuk S., Tokarchuk O. Advancing sustainable reconstruction in Ukraine after full scale invasion: utilizing a “green” economic approach and essential guidelines for successful implementation. *Polityka Energetyczna.* 2024. Vol. 27, № 2. P. 71-88. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/185209

6. Kaletnik G., Pryshliak N., Khvesyk M., Khvesyk J. Institutional capacity building on waste management as a secondary resource in Ukraine on the path to European integration. *Polityka Energetyczna.* 2022. Vol. 25 (3). P. 105-122. DOI: https://doi.org/10.33223/epj/153932

7. Вдовенко Л.О., Поліщук С.П. Виклики реформи децентралізації в умовах воєнного стану. *Успіхи і досягнення у науці (Серія «Гуманітарні науки», Серія «Право», Серія «Освіта», Серія «Управління та адміністрування», Серія*

«Соціальні та поведінкові науки»). 2024. № 6 (6). С. 762-774. DOI: https://doi.org/10.52058/3041-1254-2024-6(6)-762-774.

8. Скидан О.В., Кільніцька О.С, Яремова М.І, Старунська А.В. Регулювання цін на паливно-енергетичні ресурси як напрям зміцнення соціально-економічної та енергетичної безпеки України. *Сталий розвиток економіки.* 2023. Випуск 2 (47). DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2023-47-31

9. Skydan O., Yaremova M., Tarasovych L., Dankevych V., Kutsmus N. Possibilities of Developing Sustainable World by Introducing Bioeconomy: Global Perspective. Problems of Sustainable Development. 2022. Volume 17. Issue 1. P. 162-170. DOI: https://doi.org/10.35784/pe.2022.1.15.

10. Yaremova M., Mytrofanova, A. Decoupling as a Measurement of the Environmental Impact of Economic Growth. *Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series "Economics".* 2022. Volume 9. Issue 3. P. 30-39. DOI: https://doi.org/10.52566/msu-econ.9(3).2022.30-39

11. Kaletnik G., Kulyk M., Pryshliak N., D'omin D., Rozhko I. Adaptive properties of plants and yield of energy crops under different growing conditions: A case study from Ukraine. *Journal of Ecological Engineering.* 2025. Vol. 26. Issue 7. P. 67-76. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/203134

12. Білокінна І.Д., Охота Ю.В., Чіков І.А. Міжнародний та вітчизняний досвід забезпечення енергонезалежності сільських територій. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки.* 2024. Том 336. № 6. С. 552-558. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-336-82.

13. Vdovenko L., Ruda O., Koval O., Horlachuk M., Herasymchuk V. Strategy of investment attraction for the development of rural areas for the economic restoration of the agricultural sector. *Scientific Horizons.* 2023. Vol. 26, № 5. P. 137-150. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor5.2023.137

14. Bondarenko V., Pokynchereda V., Pidvalna O., Kolesnyk T., Sokoliuk S. Green Economy as a Prerequisite for Sustainable Development : Analysis of International and Ukrainian Experience. *European Journal of Sustainable Development.* 2023. N 1(12). P. 221-234. DOI: https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n1p221.

15. Honcharuk I., Tokarchuk D., Gontaruk Y., Kolomiiets T. Production and Use of Biogas and Biomethane from Waste for Climate Neutrality and Development of Green Economy. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. Vol. 25. Issue 2. P. 20-32. DOI: https://doi.org/10.12911/22998993/175876

16. Коломієць Т.В. Розвиток виробництва біопалива в Україні під час військового стану. *Економіка та суспільство.* 2024. Вип. 63. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/4119/4049 DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-55

17. Білокінна І.Д., Токарчук Д.М. Біоенергетичний потенціал енергетичних культур для виробництва різних видів біопалив для подолання дефіциту енергетичних ресурсів в АПК. *Modeling the development of the economic systems.* 2024. № (4). С. 320–327. DOI: https://doi.org/10.31891/mdes/2024-14-42

18. Вдовенко Л.О., Слободянюк В.В., Терлецький П.Г. Формування умов безпечного підприємництва в аграрному бізнесі. *Ефективна економіка.* 2024. № 2. URL: https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/3081/3117 DOI: http://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.2.26

19. Калетнік Г. М., Шпикуляк О. Г., Хвесик Ю. М., Білокінна І. Д. Розвиток кооперації у реалізації потенціалу відновлюваних джерел енергії для впровадження «зеленого» курсу і сталого розвитку сільських територій. *Економіка природокористування і сталий розвиток.* 2022. № 12. С. 26-38. DOI: https://doi.org/10.37100/2616-7689.2022.12(31).3

20. Білокінна І.Д. Місцеве самоврядування як складова «зеленого» повоєнного відновлення України. *Modeling the development of the economic systems.* 2023. № 1. С. 62-72. DOI: https://doi.org/10.31891/mdes/2023-7-9

21. Лутковська С. М., Коломієць Т. В., Зеленчук Н. В. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті євро інтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку. *Інвестиції: практика та досвід.* 2023. № 1. С. 11-21. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11

22. Honcharuk I., Yemchyk T., Tokarchuk D., Bondarenko V. The Role of

Bioenergy Utilization of Wastewater in Achieving Sustainable Development Goals for Ukraine. *European Journal of Sustainable Development.* 2023. Vol. 12. № 2. P. 231–244. DOI: https://doi.org/10.14207/ejsd.2023.v12n2p231

23. Kilnitska, O., Yaremova, M., Sokolova, A. Bioresources in the transformation of Ukraine's energy system. *Scientia fructuosa.* 2025. Volume 5(163). P. 93–110. DOI: http://doi.org/10.31617/1.2025(163)06

24. Коломієць Т.В. Аналіз європейського досвіду виробництва біогазу з відходів АПК. *Економіка та суспільство.* 2024. Вип. 60. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3585 DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-60-46

25. Бондаренко В.М., Гонтарук Я.В. Формування моделей маркетингу взаємодії сільськогосподарських підприємств з виробництва біопалива. *Економіка та суспільство.* 2022. № 37. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-37-67

26. Кільніцька О.С., Яремова М.І., Афонін О.М. Енергоменеджмент як напрям соціально-економічної та енергетичної безпеки України. *Інфраструктура ринку.* Вип. 78. 2024. С. 133–138. DOI: https://doi.org/10.32782/infrastruct78-25

27. Бондаренко В.М., Гонтарук Я.В., Шевчук Г.В. Виробництво біометану на цукрових заводах як напрям забезпечення енергетичної безпеки держави. *Економіка та суспільство.* 2023. № 56. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-56-120 URL: https://www.economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/3070

28. Yaremova, M., Tarasovych, L., Kilnitska, O., Buluy, O., & Kravchuk, N. Global trends in the development of a sustainable bioeconomy for rural growth in Ukraine. *Scientific Horizons.* 2024. № 27(3). С. 117–129. DOI: https://doi.org/10.48077/scihor3.2024.117

29. Levchuk O., Levchuk K., Husak L. Scientific and educational consortium as institutional projection of the innovative professional training. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2022. Vol. 2. P. 148-153. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-2/148

30. Levchuk K.I., Levchuk O.V., Husak L.P., Havryliuk N.M., Lozovskyi O.M.

Regional features of Ukrainian higher education in wartime conditions. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu.* 2024. № 1. P. 185-190. DOI: https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/185

31. Kaletnik G., Lutkovska S. Implementation of Public-Private PartnershipModels in the Field of Ecological Modernization of the Environmental Safety System. *European Journal of Sustainable Development.* 2021. Vol. 10. № 1. P. 81-89. DOI: https://doi.org/10.14207/ejsd.2021.v10n1p81

32. Верховна Рада України. Закон України «Про публічно-приватне партнерство» 4510-X від 19.06.2025 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4510-20#Text (дата звернення 17.11.2025).

33. Мисник О. П. Перспективи розвитку аграрного сектору економіки України на період до 2030 року в умовах сталого розвитку. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. Серія Економічна. Серія Юридична.* 2022. Випуск 32. С. 123–129. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.7678306

34. Дьоміна І.О. Державно-приватне партнерство як механізм розвитку сфери освіти в Україні в умовах децентралізації та глобалізації. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Державне управління.* 2021. № 2. Том 32 (71). С. 52-58 DOI: https://doi.org/10.32838/TNU-2663-6468/2021.2/09

35. Качан Є., Калиняк Б. Державно-приватне партнерство у сфері підготовки кваліфікованих кадрів: сучасний стан і основні напрями розвитку. *Вісник економіки.* 2025. № 1. С. 161-172. DOI: https://doi.org/10.35774/

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведено теоретичне узагальнення та вирішено актуальне наукове завдання щодо обґрунтування економічної ефективності диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад шляхом розвитку малої та середньої біопаливної генерації. За результатами дослідження сформовано такі висновки:

1. Обґрунтовано, що в умовах воєнного стану традиційна модель централізованого енергопостачання втрачає свою інституційну стійкість, що зумовлює необхідність переходу до концепції енергетичних островів. Розрахунки підтверджують, що сукупний річний потенціал біопалив в Україні становить 29,64 млн т н.е., що дозволяє розглядати місцеву біомасу як стратегічний енергетичний актив територіальних громад, здатний забезпечити їхню базову автономність та знизити залежність від вразливих магістральних мереж.

2. Встановлено, що при оцінюванні інвестиційної ефективності об’єктів малої біопаливної генерації ключовим критерієм має виступати вартість очікуваної недовідпущеної енергії (VoLL). Для об’єктів соціальної інфраструктури та аграрних підприємств врахування потенційних фінансових збитків від перебоїв в енергопостачанні дозволяє змінити підхід до визначення окупності, доводячи доцільність створення автономних вузлів навіть за високих капітальних витрат.

3. На основі аналізу регіональної структури ресурсного базису виявлено, що Вінницька область володіє найбільшим потенціалом біогазової сировини обсягом 110,25 тис. т н.е. на рік. Висока концентрація тваринницьких комплексів у регіоні створює умови для впровадження когенераційних установок, що забезпечують стабільну генерацію базової потужності, перетворюючи регіон на флагман розбудови біоенергетичних кластерів в Україні.

4. Систематизовано підходи до формування енергетичного балансу громад та визначено, що найбільш стабільною є модель, яка поєднує спалювання твердої біомаси (соломи) для теплозабезпечення та анаеробне зброджування відходів для генерації електрики. Такий підхід мінімізує логістичне навантаження

та дозволяє використовувати наявні аграрні залишки безпосередньо в місцях їх утворення, що критично важливо для підвищення живучості локальних енергосистем.

5. На основі розробленого алгоритму стратегічного моделювання доведено, що досягнення коефіцієнта енергетичної стійкості (Isred) на рівні 0,45–0,55 є економічно раціональним для автономних систем. Це дозволяє забезпечити функціонування критичної інфраструктури Чернятинського фахового коледжу та аналогічних об’єктів протягом тривалих періодів блекаутів, гарантуючи збереження активів та безперервність навчально-виробничого циклу.

6. Обґрунтовано доцільність створення інтегрованих біоенергетичних кластерів на базі навчальних закладів аграрного профілю. Моделювання енергетичного балансу на прикладі коледжу показало, що залучення в енергообіг 738,8 т соломи та 106 т гною дозволяє повністю замістити 36 тис. м³ природного газу та згенерувати 5,8 тис. м³ біогазу, що перетворює освітній заклад на автономний енергетичний вузол територіальної громади.

7. Встановлено, що впровадження запропонованої кластерної моделі дозволяє знизити річні операційні витрати (OPEX) з 3,71 млн грн до 3,15 млн грн. Отриманий річний економічний ефект у сумі 564,9 тис. грн забезпечує фінансову стійкість проєкту та створює умови для окупності капітальних інвестицій, обсяг яких для створення комплексної інфраструктури (котельні, КГУ та мереж) оцінюється у межах 6,1–7,9 млн грн.

8. Доведено високу екологічну та економічну значущість циркулярних ефектів у межах біоенергетичного проєкту. Використання дигестату як біодобрива на власних угіддях площею 449,2 га дозволяє замістити до 30% мінеральних добрив, що не лише знижує витрати в рослинництві, а й забезпечує відповідність стандартам європейської зеленої угоди (Green Deal), відкриваючи доступ до пільгового фінансування та грантової підтримки.

9. Обґрунтовано стратегічний вектор післявоєнного відновлення енергосистеми України на засадах децентралізації та розбудови мережі локальних «енергетичних островів». Масштабування досвіду біоенергетичного кластера

Чернятинського фахового коледжу на рівень територіальних громад дозволить створити розподілену систему генерації, яка забезпечить високу національну енергетичну безпеку та сприятиме сталому розвитку сільських територій.

Отже, в умовах воєнного стану стратегічним пріоритетом розвитку територіальних громад є перехід до моделі «енергетичних островів» на основі використання сукупного біоенергетичного потенціалу України в розмірі 29,64 млн т н.е., що дозволяє локалізувати виробництво енергії та мінімізувати ризики, оцінені через показник вартості недовідпущеної енергії (VoLL). На прикладі Вінницької області як регіонального лідера (110,25 тис. т н.е. біогазового потенціалу) та Чернятинського фахового коледжу ВНАУ доведено, що створення біоенергетичного кластеру, який інтегрує переробку 738,8 т соломи та 106 т гною, забезпечує досягнення оптимального коефіцієнта енергетичної стійкості (0,45–0,55) та річний економічний ефект у сумі 564 934 грн при зниженні операційних витрат на 15%. Реалізація такої моделі замикає цикл циркулярної економіки через використання дигестату для заміщення 30% мінеральних добрив на площі 449,2 га, що в сукупності формує науково-методичне підґрунтя для післявоєнного відновлення енергосистеми на засадах децентралізації, фінансової автономності громад та вимог Європейської зеленої угоди.

ДОДАТКИ

Додаток А

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за спеціальністю 051 Економіка

Довганя Павла Олеговича

№ п/п	Назва	Назва видання та його вихідні відомості, що дозволяють ідентифікувати та відрізняти це видання від інших	Кількість друкованих сторінок/ др. арк.)	Співавтори
Статті у наукових фахових виданнях України, включених до міжнародних наукометричних баз				
1	Основи класифікації необоротних активів та підходи до їх удосконалення	*Агросвіт*. 2021. № 11. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.73 URL: http://www.agrosvit.info/pdf/11_2021/10.pdf	С. 73-81 0,6	-
2	Концептуальні засади інвестування у децентралізоване виробництво біопалив під час воєнного стану	*Економіка та суспільство*. 2025. № 81. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-81-121 URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/7137/7088	0,74(0,37)	Лутковська С.М.
3	Сутність та роль децентралізації енерговиробництва у забезпеченні економічної та енергетичної безпеки територіальних громад	*Цифрова економіка та економічна безпека*. 2025. Випуск 6 (21). DOI: https://doi.org/10.32782/dees.21-21 URL: https://dees.iei.od.ua/index.php/journal/article/view/890/859	С. 145-150. 0,66(0,33)	Лутковська С.М.
4	Вплив передпосівної обробки насіння та удобрення на тривалість вегетаційного періоду та висоту рослин сортів сої	*Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 3 (38). DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-3-17 URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/December2025/GcAXmBUxjAzcyKLj5LqX.pdf	С. 209-218 0,45(0,15)	Мазур О.В., Довгополий В.С.
5	Урожайність гібридів кукурудзи залежно від застосування гербіцидів та густоти рослин	*Сільське господарство та лісівництво*. 2025. № 4 (39). DOI: https://doi.org/10.37128/2707-5826-2025-4-11	С. 126-135 0,51(0,17)	Мазур О.В., Сорока С.Ю.

		URL: http://forestry.vsau.org/storage/articles/January2026/O0d7cnqcNNW7CE6Sdelp.pdf		
6	Методичні підходи до оцінки економічної ефективності диверсифікації джерел енергії в умовах високої невизначеності та воєнних ризиків	*Сталий розвиток економіки.* 2026. № 1 (58). DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-3 URL: https://economdevelopment.in.ua/index.php/journal/article/view/1686/1630	С. 19-24 0,56 (0,28)	Лутковська С.М.
Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації				
				-
Інші видання (тези доповідей)				
7	Перспективи та потенціал створення біоенергетичних кластерів на базі переробних підприємств АПК України	International Scientific and Practical Conference "Science, Education, and Society in the Context of Globalization: New Development Paradigms and Interdisciplinary Solutions": Conference Proceedings (Boston, USA, December 19, 2025). Boston, USA: Golden Quill Publishing, 2025. URL: https://www.economics.in.ua/2025/12/19.html	Р. 66-69 0,2	-
8	Тенденції та бар'єри розвитку малих біопаливних об'єктів у поточному інвестиційному кліматі України	Актуальні проблеми економіки, обліку, управління і права в сучасних умовах: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Рівне, 8 січня 2026 р.). Рівне: ЦФЕНД, 2026. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-08.01.2026.003	С. 17-20 0,23	-
9	Системна модель локального енергетичного кластеру громади	Перспективи розвитку науки, освіти і суспільства в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної	С. 49-51 0,25	-

		конференції (Полтава, 12 січня 2026 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2026. DOI: https://doi.org/10.64076/CFER-12.01.2026.005		

Всього за темою дисертаційного дослідження «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення» опубліковано 9 наукових праць загальним обсягом 4,2 умовн. др. арк. (власний доробок автора 2,58 умовн. др. арк.), 1,9 умовн. др. арк. у наукових фахових видання України, включених до міжнародних наукометричних баз; 0,68 умовн. др. арк. у інших виданнях.

Аспірант Павло ДОВГАНЬ

Вчений секретар Тетяна КОРПАНЮК

М.П.

«03» 02 2026 р.

Додаток Б

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ НА НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЯХ

за спеціальністю 051 Економіка

Довганя Павла Олеговича

№ п/п	Тема доповіді	Назва конференції, місце, дата проведення
Апробація результатів дисертації на науково-практичних конференціях		
1	Перспективи та потенціал створення біоенергетичних кластерів на базі переробних підприємств АПК України	International Scientific and Practical Conference "Science, Education, and Society in the Context of Globalization: New Development Paradigms and Interdisciplinary Solutions" December 19, 2025.
2	Тенденції та бар'єри розвитку малих біопаливних об'єктів у поточному інвестиційному кліматі України	Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми економіки, обліку, управління і права в сучасних умовах» 8 січня 2026 року.
3	Системна модель локального енергетичного кластеру громади	Міжнародна науково-практична конференція «Перспективи розвитку науки, освіти і суспільства в Україні та світі» 12 січня 2026 року.

Аспірант Павло ДОВГАНЬ

Вчений секретар Тетяна КОРПАНЮК

М.П.

«2» 02 2026 р.

Додаток В

Моделювання оптимальної частки біопаливної генерації

Частка біопалива (%)	Крива A: Прямі витрати (LCOE+CAPEX), млн грн	Крива B: Ціна ризику (VoLL), млн грн	Цільова функція Z: Сукупні витрати, млн грн	Термін окупності (PBP), роки	Стан системи
0%	12,0	45,0	57,0	—	Повна залежність
10%	14,5	38,0	52,5	2,8	Мінімальний резерв
20%	17,2	30,0	47,2	3,2	Часткова автономія
30%	20,5	21,0	41,5	3,9	Початок стабілізації
40%	24,3	14,0	38,3	4,6	Зона оптимуму
50%	29,0	9,5	38,5	5,2	Економічний оптимум
60%	35,2	6,5	41,7	6,8	Енергетичний острів
70%	43,1	4,8	47,9	8,5	Надлишкова потужність
80%	52,6	3,5	56,1	11,2	Дороге зберігання
90%	64,0	2,5	66,5	14,5	Повна автономія

Додаток Г

Витрати електроенергії на функціонування Чернятинського фахового коледжу ВНАУ

Вид приміщення	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтий	Листопад	Гружень	Всього кВт/год	Вартість електроенергій грн/ за Квт/год	Всього витрати на е.е. грн.
Адміністративні приміщення	14120	13760	31800	24240	15360	3120	5040	8640	9000	28000	22800	29120	205000	9,69	1986450
Водогін	100	500	400	500	400	300	450	200	400	300	200	1000	4750	9,69	46027,5
Гуртожиток №1	0	0	9167	9154	7414	322	2000	4433	4927	12030	9629	11457	70533	4,32	304702,6
Гуртожиток №2	300	600	3090	3919	60	135	95	78	53	1363	2148	3538	15379	4,32	66437,28
Гуртожиток №3	0	0	0	4	301	302	244	140	112	626	99	30	1858	4,32	8026,56
Зерносклад	341	208	181	48	104	285	165	400	390	1070	1200	1200	5592	9,69	54186,48
Майстерня	5109	4817	1712	1100	633	158	213	260	230	1170	1387	2000	18789	9,69	182065,4
Овочесховище	0	0	0	0	0	20	231	20	24	100	100	0	495	9,69	4796,55
Сторожка	1416	330	200	300	300	300	10	25	400	400	662	1000	5343	9,69	51773,67
Всього за місяць кВт	21386	20215	46550	39265	24572	4942	8448	14196	15536	45059	38225	49345	327739	x	2704466

Додаток Д

МХП | Агрокряж

ТОВ «МХП-Агрокряж»
Ідентифікаційний код:
36187994
вул. Головна ,161 с.Яришів
Могилів-Подільський р-н.
Вінницька обл.
24024, Україна

+38 0964210784
agrokryazh@mhp.com.ua

Вих. № 37
"06" 02 26

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

В умовах повномасштабної війни та систематичного нищення об'єктів критичної інфраструктури традиційна централізована енергетична модель України продемонструвала критично високу вразливість до зовнішніх загроз, що зумовлює стратегічну необхідність переходу від великих промислових гігантів до розгалуженої мережі малих та середніх об'єктів. Сьогоднішній стан вітчизняного енергетичного сектору вимагає негайного перегляду інвестиційних пріоритетів на користь розподіленої генерації, де ключову роль мають відігравати децентралізовані потужності з виробництва біопалив, здатні забезпечити ресурсну автономність аграрного сектору та територіальних громад.

Результати дисертаційного дослідження «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення» Довганя Павла Олеговича використовуються в практичній діяльності ТОВ «МХП-Агрокряж».

Заслуговують на увагу та будуть враховані при розробці стратегічних планів розвитку ТОВ «МХП-Агрокряж» результати аналізу логістичних ланцюгів виробництва біопалив, що дозволяють ідентифікувати «логістичні пастки» та оптимізувати радіус збору сировини (від 10 до 70 км залежно від масштабу генерації) для забезпечення стабільної роботи енергоустановок.

Застосування наукових підходів автора щодо створення «енергетичних островів» сприятиме зміцненню промислової стійкості підприємства та його енергетичній незалежності.

Директор регіональний
ТОВ «МХП-Агрокряж» **Олександр ГОНЧАРУК**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, тел. (0432) 46-00-03,
email: office@vsau.org, rector@vsau.org, код ЄДРПОУ 00497236

30 грудня **2025 р. №** 01.1-60-1666
на № _____ **від** _____

ДОВІДКА
про впровадження результатів наукових досліджень
дисертаційної роботи **Довганя Павла Олеговича**
на тему: «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення»

Повідомляємо, що наукові розробки Довганя Павла Олеговича за вказаною темою дисертації мають практичну цінність, що зумовило їх впровадження у навчально-методичний процес та наукову роботу кафедри адміністративного менеджменту та альтернативних джерел енергії факультету менеджменту та права.

Положення дисертаційної роботи використовується при викладанні навчальних дисциплін: «Енергоефективність та альтернативні джерела енергії», «Методологія та організація наукових досліджень з основами інтелектуальної власності», «Екологічна економіка».

Довідка видана Довганю П.О. для представлення у спеціалізовану вчену раду за місцем захисту його дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Розглянуто та затверджено на засіданні науково-методичної комісії Вінницького національного аграрного університету від 25 листопада 2025 року, протокол № 6.

В.о. ректора Віктор МАЗУР

№ 02326

УКРАЇНА
ІЛЛІНЕЦЬКА МІСЬКА РАДА
вул. Соборна,19, м. Іллінці, Вінницька обл. 22700
тел/факс (04345) 2-18-21
Web: https://illintsi-mrada.gov.ua E-mail: ill_m_rada@ukr.net
Код ЄДРПОУ 03333618

15.01.2026 № 12

На №_____ від _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження

Даною довідкою виконавчий комітет Іллінецької міської ради підтверджує, що результати дисертаційного дослідження Довганя Павла Олеговича на тему: «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення» прийняті до впровадження та використовуються при розробці програм розвитку громади.

Зокрема, в практичній діяльності органів місцевого самоврядування використано такі наукові результати автора:

1. Концепція «енергетичного острова» громади: науково обґрунтовані автором параметри автономного функціонування локальної енергосистеми використані для формування плану захисту критичної інфраструктури (водоканалу, лікарень, об'єктів теплопостачання). Застосування моделі «енергетичного острова» дозволяє громаді забезпечити життєдіяльність соціальної сфери в умовах тривалих блекаутів.
2. Логістична модель збору біосировини: результати аналізу сировинного потенціалу (пожнивних решток та відходів переробних підприємств) Іллінецької громади дозволили оптимізувати схеми підвозу палива для комунальних підприємств, обмеживши радіус збору економічно виправданими межами (до 15 км для соломи та решток кукурудзи).

Впровадження результатів дисертації Довганя П. О. сприяє підвищенню інституційної спроможності Іллінецької громади, забезпечує раціональне використання місцевих природних ресурсів та формує надійний фундамент для енергетичної незалежності території в умовах воєнного стану.

Іллінецький міський голова Володимир ЯЩУК

МХП | Біогаз Ладижин

ВП "Біогаз Ладижин" ТОВ
"Вінницька Птахофабрика"
Ідентифікаційний код: 41223379
01609, Вінницька обл., м. Ладижин,
вул. Слобода, будинок 141

+380442070000
virtual.doc@mhp.com.ua
www.mhp.com.ua

28.01.2026 № 48

ДОВІДКА
про ознайомлення з результатами дисертаційного дослідження

В умовах повномасштабної війни та систематичного нищення об'єктів критичної інфраструктури традиційна централізована енергетична модель України продемонструвала критично високу вразливість до зовнішніх загроз, що зумовлює стратегічну необхідність переходу від великих промислових гігантів до розгалуженої мережі малих та середніх об'єктів. Сьогоднішній стан вітчизняного енергетичного сектору вимагає перегляду інвестиційних пріоритетів на користь розподіленої генерації, де ключову роль можуть відігравати децентралізовані потужності з виробництва біопалив.

Матеріали дисертаційного дослідження Довганя Павла Олеговича на тему: «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення» були представлені для ознайомлення фахівцям ВП «Біогаз Ладижин» ТОВ «Вінницька птахофабрика».

Зокрема, фахівцями підприємства розглянуто та прийнято до відома наукові напрацювання в сфері оцінки доцільності диверсифікації виробництва електроенергії через застосування інтегрального показника стратегічної стійкості.

Запропоновані автором підходи щодо вдосконалення логістичних ланцюгів виробництва біопалив на місцевому рівні мають науково-практичний інтерес та можуть бути використані як допоміжний інформаційний матеріал у перспективному плануванні діяльності підприємства.

Директор Віталій ПЕЧЕРИЦЯ

УКРАЇНА
ВІННИЦЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ
(Департамент АПР Вінницької ОВА)
Хмельницьке шосе, 7, м. Вінниця, 21036, тел. (0432) 66-14-06
E-mail: dep_apr@vin.gov.ua, сайт: http//www.vin.gov.ua, код ЄДРПОУ 44776422

від 10.02.2026 р. № 01.1-24/165 На № _____ від _____ 20___ р.

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційного дослідження
Довганя Павла Олеговича
на тему: «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення»

Результати дисертаційного дослідження «Економічна ефективність диверсифікації джерел енергозабезпечення територіальних громад на основі розвитку малої та середньої біопаливної генерації в умовах воєнного стану та післявоєнного відновлення» Довганя Павла Олеговича використовуються в діяльності Департаменту агропромислового розвитку Вінницької ОДА. Зокрема, практичне застосування знайшли наукові підходи щодо створення «енергетичних островів» як інструменту зміцнення енергетичної стійкості територій та забезпечення автономного функціонування об'єктів критичної інфраструктури в умовах воєнних викликів.

Заслуговують на увагу запропоновані пропозиції щодо впровадження моделі локальних енергетичних кластерів та оптимізації логістичних ланцюгів збору біомаси (з радіусом від 10 до 15 км для малих об'єктів), що дозволяє максимально ефективно використовувати ендогенний потенціал аграрного сектору регіону. Ці напрацювання будуть враховані при формуванні Стратегії збалансованого регіонального розвитку Вінницької області, зокрема в частині розвитку децентралізованої біоенергетики та переходу громад до принципів циркулярної економіки.

Використання розробленого автором методичного інструментарію оцінки інвестиційної привабливості проєктів через показник вартості уникнених збитків (Value of Lost Load — VoLL) дозволяє обґрунтувати доцільність фінансування об'єктів малої генерації навіть за умов високих інфраструктурних ризиків.

Директор Департаменту **Олег СІДОРОВ**

Валентина Кирилюк 66-14-06